MARIA BIANCA CITA

MICRO PALEONTOLOGIA

Terza Edizione completamente rifatta

CISALPINO - GOLIARDICA

MARIA BIANCA CITA

MICRO PALEONTOLOGIA

Terza Edizione completamente rifatta

CISALPINO - GOLIARDICA
MILANO

INDICE

PREMESSA ALLA TERZA EDIZIONE

La buona accoglienza che la «Guida allo studio della Micropaleontologia» ha avuto presso i cultori della materia e la diffusione ottenuta nelle varie sedi universitarie italiane in cui viene impartito l'insegnamento di questa materia, ha fatto sì che le prime due edizioni (del 1956 e del 1960) si siano rapidamente esaurite.

Nel preparare questa terza edizione, che si presenta in una veste editoriale migliore delle precedenti, l'autore si è sentito in dovere di rispondere alla fiducia dimostratagli dai lettori impegnandosi in un aggiornamento imposto dai grandi progressi compiuti da questa giovane scienza negli ultimi anni e in un completamento della documentazione iconografica.

L'edizione attuale si presenta di conseguenza rinnovata rispetto alle precedenti.

Trattandosi di un corso universitario, non si è voluto insistere nella parte tassonomica, che si trova più ampiamente ed esaurientemente esposta nei vari trattati di Micropaleontologia che sono oggi disponibili nelle varie lingue: ai classici **Cushman** *sui Foraminiferi e* **Glaessner** *su tutta la micropaleontologia, entrambi in inglese, si sono infatti aggiunti recentemente il* **Pokorny** *sulla micropaleontologia animale, ora nelle edizioni tedesca ed inglese; il russo* **Rausser-Tschernoussova** *e* **Fursenko** *sui Foraminiferi, l'americano* **Jones** *sui microfossili, il* **Bermudez** *e* **Charlton de Rivero** *in spagnolo, sulla micropaleontologia generale, mentre si attende la prossima pubblicazio-*

ne del **Loeblich** *e* **Tappan** *sui Foraminiferi.*

Qui i vari gruppi di microfossili vengono trattati, sia pure in modo sommario, da tutti i vari punti di vista,(morfologico, stratigrafico, ecologico, tassonomico) e vengono chiariti i principi sui quali si basa la classificazione, senza entrare in dettagli sulla tassonomia.

Particolare cura è stata dedicata all'aggiornamento della terza parte (Rassegna delle microfaune italiane), aggiornamento reso necessario dal continuo aumento delle ricerche in questo campo.

Mi è gradito rivolgere un ringraziamento a tutti coloro che, direttamente o indirettamente, hanno contribuito al lavoro di aggiornamento e specialmente alla dott. **Carla Buri Zanin** *per la redazione del paragrafo sulle Alghe calcaree e alla dott.* **Isabella Premoli Silva**, *preziosa collaboratrice di ogni giorno, per il generoso aiuto datomi nella revisione e nella messa a punto del manoscritto.*

Maria Bianca Cita

Milano, Giugno 1964

INTRODUZIONE

La micropaleontologia è un ramo della paleontologia che ha come oggetto lo studio dei fossili microscopici. La delimitazione fra paleontologia e micropaleontologia è data quindi dalle dimensioni dei fossili. Se questa distinzione può a prima vista sembrare banale, es-sa ha la sua ragion d'essere per vari motivi, quali i mezzi di ricerca, che devono essere adeguati alle piccole o piccolissime dimensioni dei microfossili - l'uso del microscopio si impone sempre - e le tecniche relative alla preparazione del materiale raccolto.

Oltre a questi motivi, di ordine tecnico, ve ne sono altri ben più importanti che giustificano la separazione della micropaleontolo-gia dalla paleontologia.

La micropaleontologia rappresenta un tipico esempio di una materia prettamente scientifica nei suoi metodi e nelle finalità che per-segue, i cui risultati vengono applicati in diverse ricerche a carattere pratico, e in primo luogo nelle ricerche petrolifere. Non solo gli studi sulla morfologia, la tassonomia, la biostratigrafia dei vari microfossi-li, ma anche studi particolari sulle tendenze evolutive di certi proto-zoi, che a prima vista sembrerebbero avere uno scopo puramente teo-rico, si rivelano spesso utili nella pratica, data la grande diffusione dei microfossili, il loro numero generalmente elevato e la rapidità del-la loro evoluzione.

Questo interesse pratico della micropaleontologia ha determi-

nato il suo rapido sviluppo e una certa razionalizzazione degli studi, della ricerca bibliografica ecc.

Vi è oggi una bibliografia micropaleontologica indipendente da quella paleontologica, molto specializzata e in fortissimo aumento, da un anno all'altro. Gli autori dei lavori micropaleontologici sono solo in parte studiosi legati alle Università o Istituti scientifici: moltissimi lavorano nelle industrie, specialmente compagnie petrolifere.

Data l'estrema piccolezza dei microfossili, essi sono contenuti generalmente in grandissimo numero nelle rocce sedimentarie, qualora le condizioni ambientali siano state favorevoli alla loro vita. La ricchezza delle popolazioni rappresenta uno dei principali vantaggi della micropaleontologia, insieme alla rapidità dell'evoluzione che ha caratterizzato alcuni gruppi di microfossili, in alcuni periodi.

Se si incontrano delle associazioni di microfossili stratigraficamente significativi in formazioni sedimentarie, si ha la possibilità di fare dell'ottima biostratigrafia, poichè si dispone di serie praticamente continue di fossili.

A giudicare da quello che si va pubblicando nel mondo intero, si può affermare che negli ultimi anni i maggiori contributi nel campo della biostratigrafia sono stati portati dalle ricerche micropaleontologiche. Specialmente nel Terziario, tutti gli autori sono d'accordo che i Foraminiferi hanno un'importanza preminente rispetto agli altri fossili nelle serie marine, e che la stratigrafia si deve basare in larga misura su di essi.

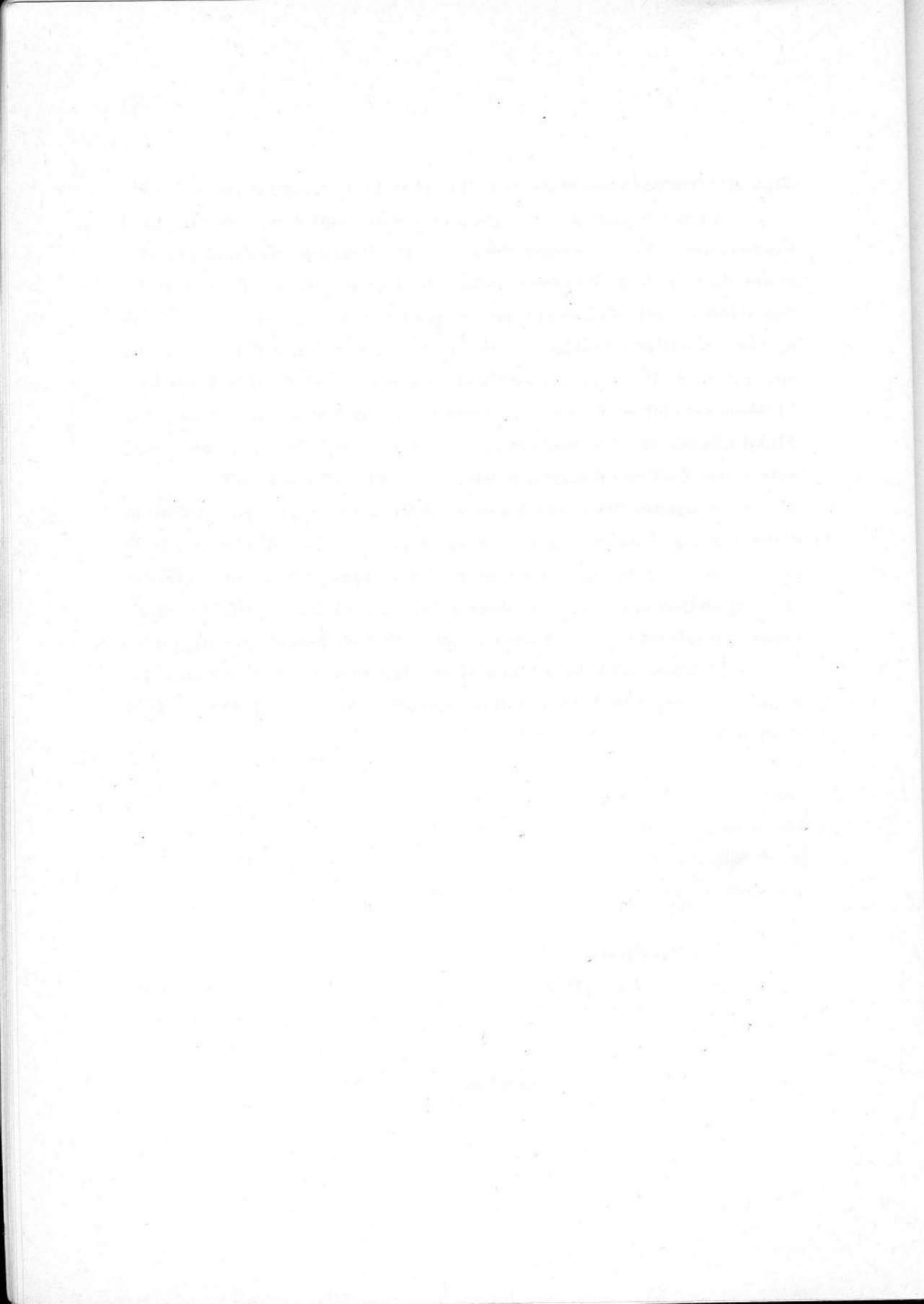
Oltre ad avere spesso un grande valore stratigrafico, i microfossili sono di grande utilità in molti casi nella ricostruzione delle condizioni ambientali.

Nel campo della micropaleontologia, anche in rapporto al carattere pratico, applicativo che essa ha assunto negli ultimi tempi, si

nota una tendenza assai accentuata verso la specializzazione.

I microfossili più importanti e più studiati sono senz'altro i Foraminiferi. Ma un «foraminiferologo» non è uno specialista nel vero senso della parola. Vi sono specialisti in grandi Foraminiferi, o in Foraminiferi planctonici, e già queste sono specialità molto vaste: vi sono specialisti in Fusulinidi, o in Orbitoidi, o in Nummuliti, e ancora specialisti in Foraminiferi del Cretaceo superiore, o del Miocene ecc. Vi sono specialisti in spore paleozoiche, o in Ostracodi terziari, o in Alghe triassiche, o in Conodonti ecc. Questa specializzazione molto spinta può dare dei risultati teorici e pratici molto notevoli.

In questo libro, che è destinato in primo luogo agli studenti universitari, si farà una rapida rassegna di tutti i fossili che, per le loro dimensioni, formano oggetto di studio della micropaleontologia. Verranno quindi considerati microfossili animali e microfossili vegetali; organismi microscopici e parti microscopiche di organismi maggiori.

Insomma tutto quello che si può incontrare sottoponendo a lavaggio un campione di roccia disgregabile, o sezionando una roccia compatta.

BREVE CENNO STORICO

Gli inizi degli studi micropaleontologici non vanno ricercati molto addietro nei tempi; solo al principio del secolo scorso infatti, o al più verso la fine del Settecento troviamo lavori di una certa importanza che descrivono ed illustrano i microfossili, e in particolare i Foraminiferi, che sono nello stesso tempo i più comuni, i più importanti e in molti casi anche i più grandi fra tutti i microfossili. Dati i particolari metodi di studio relativi a questa scienza, bisogna tener presente che la sua nascita è stata subordinata alla nascita del microscopio, e che il suo sviluppo ha seguito con breve scarto di tempo l'introduzione degli apparecchi binoculari con visione stereoscopica.

In antico erano conosciuti solo i grossi Foraminiferi fossili, come le Nummuliti che per la loro abbondanza, la loro mole e la loro buona conservazione erano ben note, ma venivano considerate erroneamente come semi o frutti pietrificati. Lo studio dei microforaminiferi ebbe inizio più tardi, nel 1600, ma solo un secolo dopo abbiamo lavori di qualche importanza. Agli inizi i Foraminiferi venivano considerati come molluschi microscopici, ed erano accostati alle Ammoniti o ai Nautilus per avere un guscio concamerato.

Fra i primi scienziati che studiarono e descrissero Foraminiferi si ricorda **Linneo**: alcune delle specie da lui istituite quasi due secoli fa sono ancora oggi valide. Ma il titolo di «padre della micropaleontologia» spetta ad Alcide **d'Orbigny**, che illustrò ricche associazioni provenienti dai bacini di Parigi e di Vienna e quelle viventi

nell'isola di Cuba. Egli tentò una classificazione dei Foraminiferi, che riavvicinava ancora ai Cefalopodi. Gli studi di **d'Orbigny,** che datano dalla prima metà dell'Ottocento, furono continuati in Austria da **Reuss** che si occupò di Foraminiferi (specialmente del Terziario e del Cretaceo della Germania) ed anche di Ostracodi. Fra gli studiosi austro-tedeschi, particolarmente numerosi ed attivi nella seconda metà del secolo scorso, ricordo ancora **Ehrenberg** che ebbe una visione molto ampia e, in un certo senso, moderna della micropaleontologia; egli studiò l'influenza della vita organica microscopica nella natura, ed illustrò ogni tipo di microfossili. Ricordo ancora **Gümbel, Egger, Liebus Terquem, Hantken, Karrer** - per non citare che i maggiori - i quali contribuirono tutti in modo più o meno decisivo alla conoscenza dei microfossili (specialmente Foraminiferi) dell'Europa centrale. Si può dire che alla fine dell'ottocento le conoscenze sui Foraminiferi di questa regione erano molto più progredite di quelle che si avevano su tutte le altre regione della terra.

In Francia la grande tradizione di **d'Orbigny** non ebbe per tutto il secolo un seguace della sua grandezza: ricordiamo però i nomi di **Douvillé,d' Archiac de la Harpe** e **Boussac** che si distinsero particolarmente nello studio dei macroforaminiferi. Nello stesso genere di ricerche si distinsero pure - in Spagna - **Gomez Llueca** e, in Italia, **Fabiani, Checchia-Rispoli, Stefanini, Silvestri, Prever.**

Nei paesi anglosassoni i nomi più famosi sono quelli di **Brady,** che nella seconda metà dell'Ottocento descrisse ed illustrò in una magistrale monografia ancora oggi di fondamentale importanza i numerosissimi Foraminiferi raccolti dalla spedizione Challenger nel suo viaggio intorno al mondo, e di **Galloway.**

In Italia i primi nomi che si ricordano sono quelli di **Beccari, Bianchi** e **Soldani,** che studiarono e descrissero associazioni a Fora-

miniferi fossili ed anche viventi. Ricordo ancora **Seguenza, Corti** e **Costa** che contribuirono in vario modo alla conoscenza dei Foraminiferi italiani. Ma i due più grandi micropaleontologi italiani - di importanza veramente internazionale - sono senz'altro **Silvestri** e **Fornasini,** che dedicarono una buona parte della loro attività a studiare, descrivere ed illustrare i Foraminiferi italiani, con particolare riguardo alle faune terziarie (specialmente mioceniche e plioceniche) ed a quelle viventi.

Tutti i nomi citati appartengono a studiosi di vasta esperienza che si occuparono di micropaleontologia; nei secoli scorsi, e anche nei primi decenni del Novecento, non vi erano distinzioni fra le varie specialità delle scienze geologiche, e tutti i ricercatori erano dei veri *naturalisti,* con una preparazione vasta ed eclettica, accompagnata a volte da profonde conoscenze specializzate. I microfossili venivano descritti da un punto di vista sistematico, senza tenere in particolare conto la loro distribuzione - e quindi la loro importanza stratigrafica. Gli unici microfossili (se così si possono chiamare) il cui valore stratigrafico era stato subito riconosciuto e valorizzato erano i macroforaminiferi, come ad esempio le Fusuline, le Nummuliti ecc. Ma l'importanza stratigrafica dei Foraminiferi e in genere dei microfossili, e quindi la loro vera importanza pratica venne messa in luce solo più tardi, in rapporto all'introduzione degli studi micropaleontologici, a scopo correlativo, nelle perforazioni per ricerche di idrocarburi.

Gli studi micropaleontologici ebbero uno sviluppo veramente esplosivo negli Stati Uniti dopo il 1920 appunto in rapporto con il rapido espandersi delle ricerche petrolifere.

Un analogo eccezionale sviluppo ebbe la micropaleontologia in Europa nell'ultimo dopoguerra, in conseguenza dell'esplorazione in-

tensiva a scopo petrolifero effettuata nei vari paesi.

Oltre ai Foraminiferi, altri microfossili vennero sottoposti a studi molto dettagliati per poterli usare a scopo stratigrafico e correlativo; così dicasi ad esempio, per i Conodonti del Paleozoico, che furono subito riconosciuti come fossili-guida anche se tuttora non si conosce con precisione la loro reale natura; per gli Ostracodi, la cui utilità si rivelò grandissima e insostituibile specialmente nelle serie lagunari o continentali, prive perciò di microfossili marini,ecc.

Ancora oggi, sulle riviste specializzate, si trovano a volte articoli molto interessanti, nei quali vengono sottoposti all'attenzione degli studiosi gruppi di microfossili finora ignorati o comunque trascurati, dei quali volta a volta vengono messe in evidenza le caratteristiche interessanti o ai fini della datazione cronologica, o per il significato ecologico.

La micropaleontologia - insomma - è una scienza nuova, molto viva e molto vitale, che si trova attualmente in una fase di intenso sviluppo. Dal dominio di pochi - e pure valentissimi - studiosi-naturalisti del secolo scorso, la micropaleontologia è passata non già gradualmente, ma in modo rapido e inaspettato, ai cultori specialisti di oggi, che si contano a centinaia nelle varie parti del mondo, si servono di laboratori specialmente attrezzati, hanno a loro disposizione numerose riviste specializzate, che li tengono informati mensilmente sui progressi della micropaleontologia, sulle nuove scoperte, sulle conoscenze stratigrafiche acquisite ecc. Impossibile fare i nomi dei maggiori micropaleontologi dei nostri tempi, anche per ragioni che esulano dal loro numero elevato. Ricordo solo il grande micropaleontologo americano **Cushman,** morto prematuramente pochi anni fa, che con i suoi innumerevoli e documentatissimi studi sui Foraminiferi si può considerare a ragione come uno degli artefici della nuova micro-

Cushman J.A., "Foraminifera" 4ª ediz. Cambridge (Mass.) 1948

paleontologia, intesa come ricerca a carattere pratico, su basi moderne e razionali.

Di inestimabile aiuto per la ricerca micropaleontologica odierna è il *Catalogo dei Foraminiferi* di **Ellis** e **Messina**, colossale opera finanziata e realizzata dal Museo Americano di Storia Naturale di New York, nella quale sono raccolte in forma di schede tutte le descrizioni originali, le figure ecc. relative ai tipi di tutte le specie e varietà di Foraminiferi conosciuti (che si contano a decine di migliaia); il Catalogo viene aggiornato periodicamente con l'inclusione delle schede relative alle specie e varietà nuove che vengono man mano istituite dagli autori di tutto il mondo. Al Catalogo dei Foraminiferi, uscito nel 1940 e costituito da una sessantina di volumi, è seguito, sempre ad opera degli stessi autori e della stessa Istituzione, quello degli Ostracodi, la cui pubblicazione è iniziata nel 1952. L'opera completa consisterà di circa 20 volumi. Finora (inizio 1964) ne sono usciti 14: i primi 10 volumi comprendono forme paleozoiche. Nei successivi sono compresi anche Ostracodi mesozoici e terziari.

Pure in America (Laboratorio di Palinologia dell' Università della Pennsylvania) viene pubblicato un Catalogo delle Spore e dei Pollini fossili, di cui finora sono usciti 17 volumi. Ne sono autori **Kremp** e **Ames** con altri collaboratori.

Le pubblicazioni periodiche riservate alla micropaleontologia sono attualmente tre. La più anziana è «Contributions of the Cushman Foundation for Foraminiferal Research» che esce a Washington dal 1950 e rappresenta la continuazione ideale delle «Contributions of the Cushman Laboratory for Foraminiferal Research» che uscirono a Sharon dal 1927 al 1949. Su questa rivista vengono pubblicati soltanto articoli riguardanti i Foraminiferi.

Tutti i vari rami della micropaleontologia sono invece trattati

nell'americana «Micropaleontology» che esce a New York dal 1955 (trimestrale) e nella francese «Révue de Micropaléontologie» che esce a Parigi dal 1958 (trimestrale).

E' forse superfluo ricordare che solo una piccola parte delle pubblicazioni micropaleontologiche escono su queste riviste specializzate, mentre più numerose sono quelle pubblicate su periodici, riviste, bollettini, rendiconti di accademie ecc., di carattere geologico-paleontologico, dei vari paesi.

PARTE I

(Pratica)

Metodi di studio

Lo studio micropaleontologico dei campioni di roccia può essere fatto seguendo due metodi completamente diversi: la scelta dell'uno o dell'altro di questi metodi dipende dalla natura della roccia, e particolarmente dall'attitudine che questa roccia presenta a lasciarsi disgregare meccanicamente e dalla natura dei resti fossili che si vogliono separare. Abbiamo così il metodo della disgregazione meccanica che ci permette di ottenere residui di lavaggio, nei quali i microfossili presenti nella roccia si osservano isolati, ed il metodo delle sezioni sottili - applicato a quelle rocce che non si prestano in alcun modo alla disgregazione meccanica- nel quale si osservano sezioni della roccia, con il contenuto organico che essa può avere.

La differenza fra i due metodi è molto accentuata sia nella preparazione del materiale in laboratorio, sia nello studio stesso. Fra le differenze più marcate che si notano, ricordo che col metodo della disgregazione meccanica noi concentriamo artificialmente - mediante il lavaggio - la parte organica della roccia, in quanto raccogliamo tutti i fossili contenuti in una data quantità di materiale, mentre col metodo delle sezioni sottili questa concentrazione viene a mancare, e quindi in genere le osservazioni sono limitate ad un numero più ristretto di fossili. Altra differenza nettissima è data dal fatto che nei residui di

lavaggio i fossili si osservano isolati, si possono spostare ed osservare da tutti i lati in modo che, se lo stato di conservazione del materiale lo consente, non è difficile arrivare a determinazioni specifiche; nelle lamine sottili invece i fossili si osservano in sezione, e per la maggior parte in sezioni non orientate, che non passano per i piani di simmetria dei fossili e quindi non sono adatte allo studio sistematico; naturalmente si possono utilizzare anche le sezioni non orientate, specialmente agli effetti della valutazione delle frequenze, ma la determinazione dei microfossili in sezione sottile offre senz'altro difficoltà molto maggiori che non la determinazione del materiale isolato. E' opportuno ricordare inoltre che vi sono microfossili il cui studio *non può essere fatto in sezione sottile.* Ricordiamo fra questi gli Ostracodi, i Conodonti, le scleriti di Oloturie, gli otoliti. La tassonomia di questi microfossili si basa quasi esclusivamente sui caratteri esterni, per cui in sezione sottile è talvolta difficile anche solo riconoscere la loro presenza.

Altri microfossili invece, come le Alghe calcaree e i Tintinnidi, si studiano di regola solo in sezione sottile, essendo contenuti normalmente in rocce indisgregabili, ed essendo basata la loro tassonomia su caratteri osservabili in certe determinate sezioni.

Foraminiferi e Radiolari si possono, in parte e non completamente, studiare anche in sezione sottile.

Nei Foraminiferi è abbastanza facile riconoscere la famiglia di appartenenza, più difficile arrivare al genere,ma spesso possibile, specialmente per quei generi che sono fortemente differenziati appunto nei caratteri interni - osservabili in sezione - più che nei caratteri esterni, che in sezione sfuggono in gran parte all'osservazione. Determinazioni specifiche sul materiale studiato in sezione sottile è difficile farne: più spesso si raggiunge questo risultato con i macrofora

miniferi - tutti di complessa struttura interna - mentre per i microforaminiferi è veramente difficilissimo riuscire a riconoscere la specie di appartenenza; certi gruppi di Foraminiferi fortemente differenziati nei caratteri osservabili in sezione - come ad esempio le Globotruncane del Cretaceo superiore e le Globorotalie dell'Eocene - sono stati a volte oggetto di monografie molto dettagliate nelle quali si trovano descritte numerose specie e addirittura istituite specie nuove su esemplari studiati in sezione, ma queste determinazioni spesso non riescono convincenti, perchè troppi sono e troppo importanti i caratteri che sfuggono all'osservazione seguendo questo metodo di indagine. Ora se questa difficoltà di arrivare a determinazioni precise è senz'altro uno svantaggio del metodo delle sezioni sottili rispetto all'altro, come uno svantaggio è la relativa scarsità dei fossili che si possono osservare, data la mancata concentrazione, è d'altra parte un vantaggio di questo metodo la possibilità di osservare la roccia ed i fossili in essa contenuti nel loro stato naturale, sezionati così come si trovano: abbiamo in tal modo la possibilità di determinare i caratteri della «*microfacies*» di una roccia, cosa che non possiamo fare col metodo della disgregazione meccanica, dove noi interveniamo artificialmente a modificare lo stato di aggregazione della roccia. Sul concetto di «*microfacies*» - un concetto introdotto da pochissimi anni e oggetto di studi sempre più vasti, dettagliati e interessanti - torneremo ampiamente più avanti.

Registrazione dei campioni e preparazione del materiale in laboratorio

Come dei campioni di roccia entrano nel laboratorio micropaleontologico per essere trattati e quindi studiati, vanno innanzitutto

registrati su un registro inventario, catalogati secondo un unico ordine numerico progressivo. Su questo registro debbono figurare, per ogni campione:

a) il numero (numerazione unica, progressiva, per tutti i campioni che entrano in laboratorio);
b) indicazione della *regione* e della *provincia* dalla quale proviene il campione (es. Lombardia, prov. Varese);
c) indicazione della tavoletta topografica al 25.000 o di altra base topografica usata dal raccoglitore, relativa al punto di prelievo del campione (es. Tav. Varese, F. 31);
d) ubicazione del campione il più esatta possibile, servendosi delle coordinate geografiche o di indicazioni molto precise e dettagliate (es. presso il paese di Inarzo, sulla strada per Bernate, a 250 metri dall'abitato, sulla destra);
e) età presunta (es. Oligocene?);
f) eventuale riferimento a serie (es. serie di Inarzo, campione 1);
g) nome del raccoglitore e data di raccolta.

Una volta registrato, il campione passa nel laboratorio tecnico per il trattamento. Per ovvie ragioni, le rocce trattate sono sempre di natura sedimentaria, e rientrano nelle categorie delle rocce organogene o di quelle di deposito clastico o di tipo misto. In pratica le rocce più comunemente trattate rientrano nei seguenti tipi:

- *argille* (pure, marnose, sabbiose)
- *sabbie* (sciolte o debolmente cementate, spesso argillose)
- *marne* (argillose, calcaree, arenacee ecc.)
- *calcari* (marnosi, incoerenti, compatti, cristallini, dolomitici, selciosi, ecc.)
- *dolomie*

- *arenarie* (più spesso calcareniti, talvolta ortoquarziti, grauwa-
che, arkose).

Dei tipi elencati, i calcari compatti, le dolomie, i calcari selciosi e spesso anche le arenarie non si possono disgregare meccanicamente per la loro elevata tenacità che si oppone a che i microfossili eventualmente presenti vengano distaccati dalla matrice rocciosa; vanno quindi sezionati a meno che la natura dei microfossili sia tale da permetterne la separazione dalla matrice rocciosa mediante la digestione in acido (es. Radiolari a guscio siliceo da calcari). Le argille, le sabbie e le marne argillose possono essere disgregate con facilità, mediante semplice lavaggio, mentre le marne, i calcari marnosi, le sabbie cementate, certe calcareniti possono essere lavate previo trattamento di disgregazione. Una volta disgregata la roccia, col lavaggio e la decantazione si eliminano le porzioni argillose dei campioni, e si raccolgono la sabbia e i gusci dei fossili o altre porzioni di organismi fossilizzati, che costituiscono appunto il «residuo di lavaggio». Quando la disgregazione della roccia non è completa, nel residuo si trovano anche quantità più o meno grandi di materiale indisciolto.

Ecco in breve i trattamenti usati nella tecnica di laboratorio per i vari tipi litologici:

a) per le rocce compatte, che non si possono disgregare meccanicamente, si usano *sezioni sottili* o anche *dry peels*.
Per preparare sezioni sottili si ricorre generalmente all'opera di tecnici specializzati; è comunque buona norma che ogni studente conosca almeno i procedimenti che vanno seguiti. In primo luogo occorre procurarsi una lamina di roccia più sottile che sia possibile; per far questo si usa comunemente una tagliatrice a disco (preferibili gli apparecchi a due dischi, che rendono molto più spedito il

lavoro) con la quale si ottengono lamine a facce piane e parallele dello spessore di 1-2 millimetri. Successivamente si spiana in modo perfetto una delle due facce, e la si incolla su un vetrino di dimensioni standard usando una colla adatta (balsamo del Canadà crudo o balsamo cotto, o collolite o Polestar). In seguito si lavora la altra faccia, assottigliando la sezione con mezzi meccanici (disco abrasivo ruotante), per poi rifinirla a mano usando smeriglio sempre più sottile, e infine solo acqua su vetro. Le sezioni sottili usate per studi micropaleontologici hanno di regola spessori maggiori di quelle da petrografia: una buona trasparenza del preparato è sufficiente alle ricerche; è da tener presente, inoltre, che molte delle rocce trattate sono scarsamente coerenti e non molto compatte, cosicchè la loro lavorazione a volte è difficoltosa, e non si possono raggiungere spessori veramente piccoli. Talvolta è necessario trattare preventivamente il campione, sottoponendolo all'azione di una pompa a vuoto che ne liberi completamente i pori, e impregnandolo successivamente di balsamo, in modo da «cementare» artificialmente i granuli che costituiscono la roccia.

Una cementazione artificiale viene praticata anche al «cutting» proveniente da pozzi in perforazione (vedi più avanti).
Quando lo studio microscopico è volto a gruppi di microfossili di dimensioni molto piccole, come i *Nannoconus* (10-20 μ) occorrono sezioni particolarmente sottili o - in mancanza di queste - si possono utilizzare le parti più assottigliate della sezione, vicino ai margini. La sezione va ricoperta con un olio diafanizzante che ne aumenti la trasparenza e, possibilmente, si usano obiettivi a immersione.

Il metodo dei «dry peels» è stato introdotto di recente, e ha dato spesso risultati soddisfacenti. Rispetto a quello delle sezioni sot-

tili, questo metodo offre il vantaggio di essere enormemente più economico, e di ottenere più rapidamente i preparati. Si ricava dalla roccia una sezione lucida, la si rifinisce a mano (usando solo acqua su vetro), la si immerge in una soluzione molto diluita di H Cl (per ogni tipo di roccia occorre trovare empiricamente, volta per volta, la concentrazione adatta e il tempo di immersione in modo da ottenere i migliori risultati), la si lava in acqua, la si immerge in acetone e quindi la si preme rapidamente e fortemente su una sottile lamina di celluloide. L'immersione in acido ha lo scopo di mettere in evidenza la struttura della roccia, e in particolare i fossili in essa presenti, i cui gusci hanno sempre una composizione leggermente differente da quella della matrice rocciosa, tanto da risultare più intaccati (meno intaccati nel caso di gusci silicei o di gusci arenacei) del resto della superficie rocciosa. Le pellicine di celluloide vanno staccate dalla roccia con un colpo secco, e poi montate su appositi telaini metallici muniti di doppio vetro: in pratica si usano i telaini comunemente adoperati per montare le diapositive.

I «dry peels» si prestano specialmente per lo studio dei macro-, ma anche dei microforaminiferi; per microfossili molto piccoli, come ad esempio le Calpionelle, non sempre danno buoni risultati. In genere si usano come un mezzo ausiliario che permette di estendere le osservazioni fatte sulle sezioni sottili: così ad esempio da un campione di roccia si prepara una sezione sottile e un certo numero di «dry peels», in modo da completare le osservazioni fatte sulla sezione sottile (che da sole non basterebbero talvolta allo scopo) con quelle ricavabili dagli altri preparati, che si ottengono in breve tempo e con poca spesa.

Preparati analoghi a quelli descritti come «dry peels» si usano per

l'osservazione dei microfossili contenuti nei calcari compatti al microscopio elettronico.

b) Per le rocce incoerenti e pseudocoerenti come sabbie, sabbie argillose, argille, argille sabbiose, argille marnose ecc. si procede ad un semplice *lavaggio*. Di regola si parte da una quantità costante di materiale, in modo da poter calcolare le percentuali dei residui e, in un secondo momento, confrontare le percentuali ottenute da vari campioni. La quantità comunemente usata è 200 grammi, quantità dalla quale si ottiene di solito un numero sufficientemente grande di microfossili. Il materiale pesato va immerso in acqua e quindi sottoposto a un forte getto di acqua sopra ad un setaccio a maglie molto fini (1-2 decimi di mm) oppure sopra ad una serie di setacci con maglie di dimensioni via via decrescenti verso il basso. Nel primo caso si otterrà un solo residuo di lavaggio, contenente frammenti e gusci di varie dimensioni, nel secondo caso invece si avranno due o tre residui selezionati a seconda delle dimensioni dei componenti.

Le dimensioni delle maglie dei setacci variano a seconda del tipo (o dei tipi) di microfossili che sono oggetto della ricerca. Nella micropaleontologia di routine si usano i setacci n.270 (grosso), n.1100 (medio) e n. 2900 (fine). Il numero si riferisce al numero di maglie per centimetro quadrato.

Nel setaccio grosso sono trattenuti gli Ostracodi, i Foraminiferi ed i Radiolari di maggiori dimensioni, oltre ad eventuali spicole di Spugne, frammenti di gusci di Molluschi, radioli di Echini ecc. Nel setaccio medio si trova la massima parte dei Foraminiferi, gli Ostracodi più piccoli, i Radiolari. Nel setaccio fine le forme immature di Foraminiferi, le specie di piccole dimensioni, ecc. I setacci usati sono di vario tipo; alcuni preparatori preferiscono sot-

tili reti o tele metalliche, altri adoperano tessuti di nylon; queste tele o reti possono essere applicate solidamente al telaio metallico che le sorregge oppure possono essere mobili; in ogni caso va curata molto attentamente la pulizia dei setacci, che deve essere perfetta per impedire che materiale proveniente da lavaggi diversi abbia a mescolarsi. Un accorgimento che si usa in molti laboratori per evitare la mescolanza di faune durante il lavaggio è quello di immergere in una soluzione di blu di metilene i setacci dopo averli usati. In tal modo i microfossili eventualmente rimasti impigliati nelle maglie si colorano in azzurro, permettendo una immediata individuazione degli esemplari rimaneggiati. Con il lavaggio si elimina completamente la porzione argillosa del campione, mentre nei setacci si raccolgono la sabbia e i resti fossili. Il residuo così ottenuto viene raccolto in una bacinella, filtrato e quindi asciugato.

Quando il residuo sabbioso è molto abbondante mentre i microfossili sono scarsi, si può a volte procedere ad una concentrazione dei microfossili, per esempio col metodo dei liquidi pesanti. Si usa comunemente a questo scopo tetracloruro di carbonio per i lavaggi di età recente (Pliocene, Pleistocene) nei quali i microfossili e in particolar modo i Foraminiferi si presentano con il loro guscio originario, vuoto; per i lavaggi di materiale più antico, nei quali i Foraminiferi sono fossilizzati e spesso col guscio riempito, si adopera il bromoformio in aggiunta al tetracloruro di carbonio, in modo da ottenere un liquido a maggiore peso specifico, che permetta ai microfossili di galleggiare, e quindi di essere separati dal quarzo e dagli altri minerali eventualmente presenti, più pesanti.

Per le rocce scarsamente coerenti come marne, calcareniti friabili, calcari marnosi o marnoso-arenacei ecc. si usa ancora il metodo del lavaggio, ma previa *disgregazione* della roccia.

Anche in questo caso si parte da una quantità costante di materiale, sempre nella misura di 200 gr. La disgregazione ha lo scopo di conferire artificialmente al campione di roccia quella porosità e quella permeabilità che naturalmente non possiede, per permettere all'acqua di penetrare nell'interno ed ottenere quindi uno spappolamento completo; per ottenere questo si frantuma il materiale mediante una pressa, con pressioni non molto forti. Il trattamento con la pressa deve essere abbastanza delicato per non danneggiare i microfossili contenuti nel campione. Si fa quindi bollire a lungo il campione frantumato in acqua; se dopo mezz'ora di ebollizione la disgregazione dei campioni non risulta completa, si aggiunge del solfato sodico fino quasi a saturazione del liquido.

Quando il materiale trattato è costituito da rocce marnoso-calcaree si aggiunge invece della soda, sempre in modo da avere una soluzione satura.

Quando il campione contiene abbondante materiale argilloso anzichè usare i reagenti sopra nominati, si usa del cloruro sodico, che facilita la flocculazione dei colloidi.

Dopo l'aggiunta di questi reagenti si fa bollire per alcune ore il tutto, fino a ottenere una completa disgregazione.

Se nemmeno con questi trattamenti si raggiunge un buon risultato, si può ricorrere al metodo della *cristallizzazione*. Si può far cristallizzare il materiale sottoponendolo a basse temperature oppure, se non si dispone di un frigorifero, sciogliendo nell'acqua (che deve essere scarsa, tanto da coprire appena i frammenti di roccia indisciolta) una quantità di solfato sodico in eccesso rispetto alla quantità del solvente. Si lascia il recipiente in luogo tranquillo, e in capo a qualche ora la massa si presenterà tutta cristallizzata; questo trattamento va ripetuto per parecchie volte, per dare buoni

risultati. Le pressioni interne che si manifestano nella roccia impregnata dalla soluzione durante la cristallizzazione contribuiscono al suo sgretolamento; con questo metodo si ottengono residui di lavaggio discreti e a volte anche buoni da rocce molto compatte e resistenti alla disgregazione come marne calcaree, calcari marnosi anche compatti ecc.

Se la roccia in esame non dà buoni residui nemmeno dopo il trattamento per cristallizzazione, allora si può dire che veramente essa non si presta alla disgregazione meccanica, e conviene in questo caso ricorrere allo studio su sezioni sottili.

In tutti i lavaggi, l'aggiunta di una piccola quantità di petrolio contribuisce all'ottenimento di buoni risultati; in alcuni casi si usano anche lavaggi con benzina, ma questi metodi sono alquanto pericolosi e possono essere eseguiti solo da tecnici specializzati.

Si usa pure acqua ossigenata ad alta concentrazione. Questa, allungata con acqua, in percentuali diverse, viene aggiunta ai materiali difficilmente disgregabili e in molti casi facilita il distacco dei granuli e l'isolamento dei microfossili. Il trattamento può essere fatto a freddo o a caldo.

Un altro metodo di recente introduzione è quello col Désogène, qui descritto. Esso può essere impiegato anche su residui di lavaggio già preparati, che presentino microfossili parzialmente incrostati.

1) Partire dal residuo secco lasciato dal setaccio 70 dopo trattamento all'acqua ossigenata al 30% del campione sminuzzato.

2) Ricoprire con Désogène liquido (prodotto GEIGY, metasolfato di metilfenil-dodecyl-trimetilammonio) il residuo in una capsula di 5 cm.; lasciare agire un'ora.

3) Decantare il Désogène (lo si può ricuperare dopo filtraggio) e

le particelle fini.

4) Ricoprire di tricloroetilene; lasciare agire 1/4 d'ora.

5) Decantare il tricloroetilene e le particelle fini. Lavare 2-4 volte con tricloroetilene (finchè questi resti limpido). Si può ricuperare il tricloroetilene dopo filtraggio e separazione dal resto dell'emolliente in una buretta con rubinetto.

6) Essicare il residuo (Foraminiferi puliti e resti di roccia insolubili) sul gas usando una reticella con amianto.

Se la ganga non fosse completamente scomparsa, ripetere le operazioni da 2 a 6. Se, a questo momento, rimanesse ancora un fine resto di ganga, ripetere ancora una volta le operazioni da 2 a 6 sostituendo il Bradosol (prodotto CIBA, bromuro di B-fenozietil-dimentil-dodecilammonio) al Désogène (azione solamente un quarto d'ora) e terminare con qualche risciacquatura all'acetone.

I due prodotti sopracitati vanno impiegati alla loro concentrazione originale.

Lavorando con una batteria di parecchie capsule, imbuti, filtri ecc. si possono trattare comodamente sei o più campioni nel medesimo tempo.

Ottimi risultati si ottengono pure con vibratori ad ultrasuoni : la disgregazione è facilitata dall'aggiunta di saponi industriali, tipo Beloran della CIBA.

Preparazioni speciali

I metodi finora descritti sono metodi di routine usati in tutti i laboratori micropaleontologici per la preparazione di Foraminiferi, Ostracodi, Radiolari ecc.

Per gruppi particolari di microfossili (Conodonti, Chitinozoi,

pollini, spore, i cosiddetti «nannofossili» ecc.) si usano metodi speciali, che verranno descritti a parte.

I **Conodonti** sono resti di organismi fossilizzati in fosfato di calcio, tipo apatite, hanno peso specifico variabile fra 2,8 e 2,9 e dimensioni superiori a 1/10 di mm. Quelli paleozoici arrivano a 2 mm; quelli triassici sono molto più piccoli e non superano il mezzo millimetro.

I Conodonti si trovano in rocce incoerenti, pseudocoerenti e coerenti. Nei primi due casi si ricorre a normali lavaggi per la preparazione del residuo, dal quale si possono separare i Conodonti col metodo dei liquidi pesanti (bromoformio) data la loro scarsa frequenza.

Nelle rocce coerenti si isolano per soluzione selettiva, operando con acido monocloroacetico e con acido acetico (che però agisce molto più lentamente).

Poichè in generale la diffusione nelle rocce è scarsa, è opportuno agire sulla massima quantità possibile di campione (un chilogrammo o anche più) in particolar modo quando si tratti di calcari dolomitici o di calcari non pelagici o di dolomie.

1) Si spezzetta il campione in blocchetti del diametro massimo di 30 mm. Una pezzatura più fine, necessaria nel caso di calcari marnosi perchè la patina argillosa che si forma sui frammenti soffoca la reazione, accelera il procedimento per l'aumento della superficie esposta ma contemporaneamente aumenta la probabilità di rottura dei Conodonti.

2) Si pesa il materiale frantumato.

3) Si mette in un vaso di vetro resistente al fuoco a bocca larga, per favorire la liberazione del gas da parte del liquido.

4) Si aggiunge al campione, e si mescola con bacchetta di vetro, acido monocloroacetico (CH_2Cl $COOH$) cristallizzato, in peso del 15-

20% superiore (al massimo) a quello del campione in esame.

5) Si aggiunge acqua lentamente sino ad ottenere una soluzione con l'acido del 15-20%.

6) Si lascia il vaso fermo, senza assolutamente rimestare o scuotere fino all'esaurimento della reazione:

a) nel caso di calcari, per accertarsi che tutto sia sciolto, si aggiunge un po' d'acido e si controlla che non si ravvivi la reazione. Se il calcare è marnoso occorre molta pazienza per ottenere dei buoni risultati;

b) nel caso di calcari dolomitici o dolomie, per accelerare la reazione si riscalda fino a 50° con precauzione; l'operazione va ripetuta almeno una volta al giorno per più giorni.

7) A disgregazione avvenuta si versa il liquido e il fango ottenuto (non vi debbono essere frammenti calcarei in fondo al vaso) in un setaccio di nylon e si lava solo col getto a doccia, senza rimestare.

Se si usano setacci metallici, aggiungere molta acqua per non corrodere la rete del setaccio stesso. E' opportuno far fluire molta acqua nel lavandino per evitare la corrosione dei tubi di scarico.

8) Il residuo così ottenuto va messo in una tazza di porcellana resistente al fuoco, si aggiunge un po' d'acido per controllare se la reazione è veramente ultimata, indi si lava, si versa delicatamente l'acqua e si essica al Bunsen.

Si separano i Conodonti dal residuo con una punta o, se il residuo è molto voluminoso e i Conodonti sono scarsi, ci si serve di un liquido pesante come il bromoformio. I Conodonti e i fossili in $Ca_3(PO_4)_2$, come denti ed altri resti di pesci, ed eventuali fossili in pirite e cristalli di pirite cadono al fondo. In superficie si trovano granuli di quarzo, mica, ecc.

I **Chitinozoi**, microfossili di incerta posizione sistematica, e-

sclusivi del Paleozoico, hanno un guscio costituito da materiale organico, resistentissimo agli acidi, anche i più forti. Si usa infatti acido fluoridrico per isolarli dalle rocce silicee nelle quali sono comunemente contenuti.

Anche i **Radiolari** si possono isolare dai calcari digerendo la roccia in acido, qualora essi abbiano mantenuto con la fossilizzazione la loro composizione chimica originaria. Dato lo scarso valore stratigrafico di questi microfossili, è però raro il caso che si ricorra a questo metodo di isolamento.

Dei « **Nannofossili calcarei** » (Nannoconus, Discoasteridi, Coccoliti), i primi si studiano in sezione sottile, gli altri si isolano dalle argille, marne o calcari incoerenti nei quali sono contenuti. Date le loro piccolissime dimensioni, non si può ricorrere ad un lavaggio. Si stacca dal campione di roccia, con una lama, una minima porzione di sedimento, e la si fa cadere su un vetrino portaoggetti. L'osservazione viene effettuata in acqua.

Date le dimensioni piccolissime di questi microfossili, vi sono grandi possibilità di contaminazione: occorre perciò usare la massima attenzione nel trasporto e nella manipolazione del materiale.

Procedimenti analoghi si seguono per l'isolamento delle Diatomee, delle Silicoflagellate ecc., che si separano da sedimenti sciolti senza lavaggio.

Spore e pollini generalmente esigono una concentrazione, soprattutto perchè il loro studio - a differenza dei gruppi precedentemente esaminati - viene effettuato di regola su basi statistiche, e occorre perciò disporre di un numero di granuli sufficientemente elevato.

La concentrazione viene effettuata mediante una centrifuga.

Avvertenze per il materiale proveniente dal sottosuolo

Tutto quanto è stato detto fin qui vale per i campioni di superficie, e può essere applicato al materiale proveniente dal sottosuolo (carote di fondo o di parete). Nell'esecuzione di preparati - lavaggi o sezioni sottili - dal fango di circolazione, occorre seguire alcuni accorgimenti.

Per le sezioni sottili si usano i minuti frammenti del «cutting», che hanno dimensioni di pochi millimetri. Questi sono troppo piccoli per poterne fare delle sezioni sottili, ma vengono aggregati artificialmente con balsamo del Canadà o altro prodotto similare. Ottenuto lo aggregato artificiale, si procede all'esecuzione del «dry peel» o della sezione sottile secondo i metodi usuali.

Per i lavaggi del fango, si procede con i metodi descritti per i campioni di superficie. Le associazioni così ottenute in moltissimi casi si presentano miste. Per utilizzarle correttamente, bisogna sapere anzitutto se l'argilla utilizzata per la preparazione del fango è sterile oppure se ha un suo contenuto micropaleontologico, e in questo caso i microfossili che fanno parte dell'associazione tipica dell'argilla del fango vanno trascurati. Per i microfossili provenienti dalle pareti e dal fondo del foro, occorre tener presente che, mentre in associazioni miste provenienti da campioni di superficie si considerano in posto le forme di età più recente, e rimaneggiato tutto quello che è più antico, nei campioni provenienti dal fango le forme rimaneggiate sono le più recenti, mentre le più interessanti per la datazione sono le più antiche.

Così ad esempio se si trovano associate in un medesimo campione Globotruncane del Cretaceo superiore, Globorotalie paleoceniche e Globoquadrine mioceniche, considereremo in posto le Globoquadrine e tutto il resto rimaneggiato se il campione proviene dalla super

ficie. Ma se si tratta del lavaggio di fango di circolazione, e se la serie incontrata dalla perforazione si presenta normale, saranno le Globotruncane a datare la formazione al fondo.

Sezioni orientate

Quando i microfossili presentano strutture interne complesse, come è frequentemente il caso nei grandi Foraminiferi, si presenta spesso la necessità di poter disporre di sezioni orientate degli esemplari. Così ad esempio non si può classificare una Nummulite, una Fusulina, un'Alveolina o un'Orbitolina basandosi sui soli caratteri esterni, anche se gli esemplari sono perfettamente conservati.

Nella maggior parte dei Foraminiferi le camere sono disposte secondo una spirale che può essere piana (avvolgimento planispirale) o rialzata (avvolgimento trocospirale). In tutti i Foraminiferi ad avvolgimento spiralato vi sono infiniti piani che passano per l'asse di avvolgimento: le sezioni così orientate si chiamano *sezioni assiali* (vedi fig. 1). Nei Foraminiferi ad avvolgimento planispirale vi è poi un piano di simmetria, perpendicolare ai piani assiali, che passa per la camera iniziale: le sezioni tagliate lungo questo piano prendono il nome di *sezioni equatoriali*. Questi due tipi di sezioni sono quelle che più spesso vengono richieste nello studio dei grandi Foraminiferi.

Non si può più parlare di sezioni equatoriali, nel vero senso della parola, nelle forme ad avvolgimento trocospirale: si parla in questo caso di sezioni trasversali. Nello studio di certi Foraminiferi arenacei ad avvolgimento trocoide, come ad esempio le Orbitoline, si richiedono a volte sezioni tangenziali, per mettere in evidenza le strutture della porzione del guscio sottostante alla parete esterna.

Per ottenere delle sezioni così orientate bisogna disporre di e-

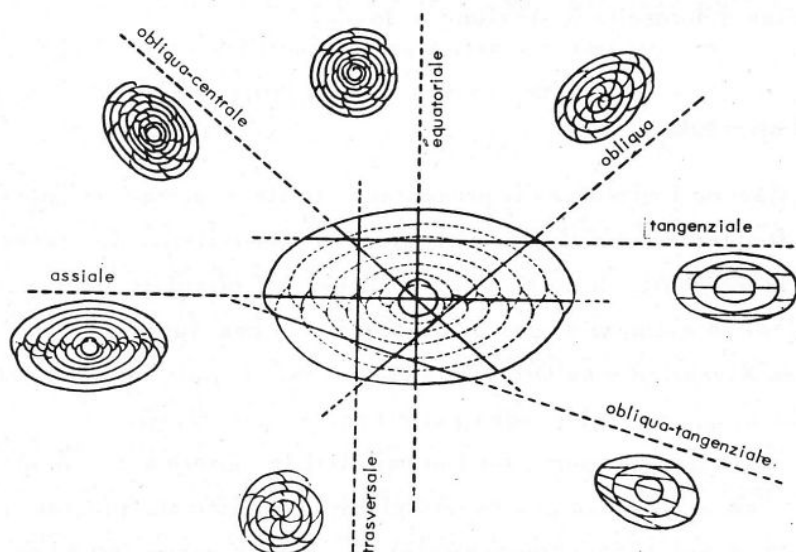



Fig. 1 - Nomenclatura delle sezioni orientate nelle Alveoline. Da *Reichel* 1937.

semplari isolati. Per le forme più grandi si può procedere levigando direttamente l'esemplare. Se si devono ottenere sezioni assiali di esemplari sottili, difficili perciò da manipolare, può essere utile fissarli su di un tappo di sughero nella posizione voluta. Il procedere dell'operazione va continuamente controllato al microscopio. Una volta ottenuta la sezione centrata, si fissa la superficie levigata su un portaoggetti mediante balsamo del Canadà o altro fissatore e si procede all'asportazione della parte restante, fino ad ottenere una sezione trasparente.

Per certi Foraminiferi e particolarmente per le Nummuliti si possono ottenere con una certa facilità delle ottime sezioni equatoria-

li nel modo seguente: l'esemplare da sezionare viene tenuto su una re-
ticella con amianto sopra un Bunsen per un tempo sufficiente alla sua
completa calcinazione: a questo punto viene tolto dalla fiamma ed im-
merso in acqua fredda. Spesso si rompe da solo: se non si rompe, ba-
sta una leggera pressione esercitata tramite una pinzetta. Per le for-
me più appiattite, si agisce con una lametta da rasoio lungo il contor-
no per ottenere il distacco delle due parti lungo il piano di simmetria.

Se i Foraminiferi per lo studio dei quali occorrono delle sezio-
ni orientate non sono isolati, ma contenuti in una roccia che non si la-
scia disgregare meccanicamente, non resta che ricavare da uno stes-
so campione quante più sezioni sottili è possibile (alcune decine) ta-
gliate in tutte le direzioni. E' probabile che alla fine, esaminando le
varie sezioni sottili, si trovi qualche sezione orientata lungo i piani
voluti.

A volte anche nello studio dei piccoli Foraminiferi si presen-
ta la necessità di fare sezioni sottili di esemplari isolati. Questo av-
viene, per esempio, quando si vuol riconoscere con sicurezza in sezio-
ne sottile una specie che è stata descritta su esemplari interi. In que-
sto caso si procede come per i grandi Foraminiferi, fissando l'esem-
plare su un portaoggetti nella posizione voluta, e lavorando la parte
libera fino a raggiungere, ad esempio, la sezione assiale; poi si fissa
l'esemplare dalla parte levigata, e si procede all'asportazione della
parte restante. Trattandosi di individui molto piccoli questa operazio-
ne riesce ancora più delicata e difficoltosa.

Schede descrittive

Per meglio utilizzare i dati ricavati dalle osservazioni delle
sezioni sottili o dei lavaggi, e perchè i dati ottenuti da un ricercato-

Regione: . . . . Età: . . . . .

CAMPIONE N. . . .

Descrizione del campione:

. . . .

. . . .

Calcimetria: . . . .

Disgregazione: . . . .

Descrizione del residuo:

A) parte grossolana % . . . .

. . . .

B) parte media e fine % . . . .

. . . .

Osservazioni:

. . . .

Fig. 2

re possano servire anche ad altre persone, si usa compilare schede de-scrittive tanto per i campioni trattati per disgregazione, quanto per quelli studiati in sezione sottile. Le schede sono diverse nei due casi.

Sono riprodotti qui di seguito i fac-simile di quelle in uso presso il Laboratorio di Micropaleontologia annesso all'Istituto di Geologia dell'Università di Milano (figg. 2 e 3).

Il primo tipo di scheda (fig. 2) serve per i campioni sottoposti a lavaggio.

Il numero del campione è quello del registro (vedi pag. 22); le indicazioni della località di provenienza sono estremamente sommarie dato che sono descritte in dettaglio nel registro suddetto. Sotto all'indicazione CAMPIONE N. si mettono quelle notizie che si ritengono interessanti circa la posizione stratigrafica e geologica in generale del campione in esame. Se il campione non è isolato, ma fa parte di una serie, si indicherà in questo spazio il nome della serie ed il numero del campione (es. Serie di Tignale, campione 14).

La descrizione del campione ha un carattere eminentemente litologico: occorre indicare il colore e la grana della roccia; possono essere utili inoltre indicazioni sull'alterazione, sull'eventuale stratificazione, sulla presenza di fossili visibili a occhio nudo o di particolari strutture ecc. (es. marna calcarea finemente straterellata, di color grigio cenere tendente al verdognolo, contenente rari radioli di echini).

Nella voce «Disgregazione» va indicato il metodo usato (se lavaggio semplice, o bollitura seguita da lavaggio, o metodi speciali quali cristallizzazione o altro), e se la disgregazione è completa o incompleta.

Nella voce «Calcimetria» va indicato il valore calcimetrico ot-

tenuto al calcimetro; nelle rocce dolomitiche o che si sospetta siano tali, indicare se la reazione è immediata o lenta, e possibilmente tenere separati i valori relativi alla reazione immediata da quelli relativi alla lenta reazione successiva.

Segue la descrizione del residuo, che comunemente si suddivide in grossolano e medio-fine (mescolando i due residui medio e fine). Questa parte della scheda descrittiva è forse la più importante e va compilata con gran cura. In essa vanno indicati:

a) *la percentuale del residuo* rispetto al materiale trattato, previa pesatura della porzione di residuo interessata. Questa percentuale ha valore soltanto quando la disgregazione del campione è completa, perchè con disgregazioni incomplete il residuo comprende non solo la sabbia ed i microfossili contenuti nel campione, ma anche una quantità più o meno rilevante di roccia indisciolta. Nel caso di disgregazione incompleta quindi non ha nessun significato calcolare la percentuale del residuo. In altri casi invece il valore della percentuale può essere molto significativo: così si nota che nelle argille continentali (lacustri) questa percentuale è sempre bassissima (0,001%); valori molto bassi si ottengono pure da argille considerate abissali, come i «Red beds» dell'Appennino settentrionale, che danno residui scarsissimi. Anche quando non si pesano i residui, e non si possono quindi calcolare le percentuali, bisogna sempre indicare, almeno approssimativamente, la quantità del residuo; si parlerà in questo caso di residui abbondanti, o scarsi, o estremamente scarsi ecc.

b) *la natura dei minerali* e dei frammenti di rocce contenuti nel residuo. I minerali vanno elencati in ordine di frequenza decrescente, e così pure le rocce. Delle rocce va riconosciuto il gruppo di appartenenza (sedimentarie, cristalline, metamorfiche) e possibilmente la

natura petrografica.

Si deve segnalare anche la forma dei granuli minerali (a spigoli vivi o arrotondati), le loro dimensioni,lo stato di conservazione, la natura del cemento (nel caso si tratti di rocce agglomerate) ecc.

c) *i componenti organici di natura vegetale.* Questi possono essere: foglie, frustoli vegetali, frammenti di carbone o di lignite o di torba; alghe di vario tipo (Siphonee, Dasycladacee, Melobesie ecc.); oogoni di Characee. Coi metodi descritti che sono quelli di routine, non si riesce a distinguere la presenza di spore, pollini, Discoasteridi, Diatomee ecc. data la loro estrema piccolezza.

d) *i componenti organici di natura animale.*

I resti organici che più frequentemente si incontrano nei residui di lavaggio appartengono ai seguenti gruppi:

- Pesci: denti, squame, vertebre, otoliti;
- Molluschi: Gasteropodi, Lamellibranchi; se è possibile, conviene arrivare a determinazioni almeno approssimative dei molluschi presenti;
- Crostacei: frammenti della corazza, o individui interi (Ostracodi);
- Echinodermi: radioli, frammenti del guscio (Echini), resti scheletrici di Oluturoidi articoli di Crinoidi;
- Coralli e Spugne: spicole e scleriti;
- Briozoi;
- Foraminiferi;
- Radiolari.

Nel descrivere i residui, le osservazioni anzidette vanno fatte per ogni frazione esaminata (es. per il residuo grossolano e per quelli medio e fine mescolati insieme), e si deve indicare la frequenza di ogni componente del residuo organico.

Nella voce «Osservazioni» si fanno considerazioni sulle asso

ciazioni microfaunistiche e microfloristiche contenute nel campione sia nel loro complesso, sia in relazione alla presenza di specie indicative agli effetti della determinazione cronologica del campione e del suo significato ecologico. In questa parte della scheda si espongono le conclusioni raggiunte sull'età e sull'ambiente di sedimentazione del deposito, basate sul suo contenuto micropaleontologico.

Sul retro della scheda infine vanno elencate tutte le specie e i generi di Foraminiferi o di altri microfossili classificati, indicando la frequenza di ciascuna delle forme riconosciute.

Per indicare le frequenze, si usano vari simboli, dei quali i più comunemente usati sono i seguenti:

FF = frequentissimo (individui molto numerosi, vale a dire - in una associazione di tipo medio - oltre 50 individui),

F = frequente (individui numerosi, da 10 a 50 in numero),

R = raro (pochi individui, meno di 10),

RR = rarissimo (pochissimi individui, 1 o 2 in una associazione media).

Quando si abbia a che fare con associazioni molto povere, costituite da pochissime decine di esemplari in tutto, le frequenze si intendono - di abitudine - in senso relativo. Perciò in certi casi si può considerare FF (frequentissimo) una specie rappresentata da 10 individui soltanto, quando questi 10 individui costituiscono più di metà dell'intera popolazione. Occorre in questo caso precisare che ci si riferisce non già al numero assoluto, ma ai valori percentuali.

Le schede descrittive per le sezioni sottili sono alquanto differenti.

Ecco un fac-simile di quelle in uso presso l'Università di Milano:

Università di Milano Istituto di Geologia	*Sezione sottile n°* . . . . *Fotografia n°* . . . .
Descrizione della roccia: . . . . Associazione: . . . . Età: . . . . Provenienza: . . . . Osservazioni:	

Fig. 3

La descrizione della roccia riguarda essenzialmente la struttura e la tessitura della medesima, specialmente in relazione con la natura del sedimento.

Come «associazione» si intende l'insieme della popolazione osservabile nella sezione sottile; occorre indicare i fossili prevalenti (vegetali e animali), le loro dimensioni, la frequenza relativa, lo stato di conservazione (molto importanti le osservazioni su eventuali rotture o arrotondamenti della conchiglia, che possono essere indice di rimaneggiamento); se possibile, si indicano i generi riconosciuti e, in caso si arrivi a determinazioni specifiche, le specie individuate.

Le «osservazioni» riguardano caratteri particolari della microfacies, eventuali correlazioni con altri campioni osservati ecc.

Preparati

Le sezioni sottili sono esse stesse dei preparati, e vanno conservate accuratamente e collezionate.

I residui di lavaggio vanno conservati in sacchetti di carta o di materia plastica, sui quali vanno indicati: numero del campione, località di provenienza, età, serie, numero della serie, raccoglitore, data di raccolta. Ecco il fac-simile del timbro usato a questo scopo presso il Laboratorio di Micropaleontologia dell'Università di Milano (fig. 4). Dai residui di lavaggio si possono poi ricavare uno o più preparati, che vanno catalogati, schedati e raccolti in una apposita collezione.

Università di Milano
Istituto di Geologia

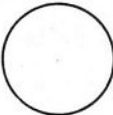
CAMPIONE n°. . .

Regione:. . . . .
Località:. . . . .
. . . .
Serie:. . . . . *n°*. . . . . .
Osservazioni: . . . .
. . . .
. . . .
Raccoglitore: . . . .
Data . . . .

Fig. 4

Fra i preparati cosiddetti di insieme i più utili sono:

- *residuo non selezionato*, ottenuto isolando una porzione del residuo grossolano o di quello medio e fine sufficiente per dare una visione d'insieme della microfauna;

- *residuo selezionato*, ottenuto isolando tutti i Foraminiferi o in genere tutti i microfossili contenuti in una data porzione del residuo; i residui selezionati ottenuti nel modo descritto sono utili nel caso di residui di lavaggio poco fossiliferi, ricchi di contenuto minerale, nei quali il residuo non selezionato non permette una visione sufficientemente buona della microfauna.

Si possono poi allestire preparati contenenti le singole specie

determinate, o in genere forme singole, anche non classificate.

In questi preparati singoli occorre sempre indicare con chiarezza, oltre all'età e alla località di provenienza, anche il numero del campione dal quale i fossili sono stati estratti.

Sono molto utili i preparati di insieme che si ottengono serven-dosi di appositi cartoncini contenenti numerosi spazi o caselle numerate. In ogni casella si incollano gli esemplari appartenenti a una me-desima specie, in modo che dalla osservazione dell'intero preparato si dovrebbe avere una visione abbastanza precisa della microfauna.

Sono qui riprodotti i due tipi di cartoncini che si usano comunemente per allestire i preparati (fig. 5): il primo serve per i residui

CAMP. 391
MIOCENE SUPERIORE
UNIV. ISTIT. GEOL.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36

Fig. 5

non selezionati e per le forme singole, mentre il secondo serve per i preparati di insieme con le specie isolate. Faccio notare che il primo tipo non implica l'incollatura dei microfossili, i quali possono essere liberi se coperti da un vetrino coprioggetti o da una lastrina di celluloide, mentre il secondo tipo generalmente implica l'incollatura dei microfossili.

Collezione

I preparati di insieme, e specialmente quelli contenenti singole specie classificate, vanno conservati in una apposita *collezione*. Naturalmente occorre che le determinazioni siano corrette perchè questa collezione venga utilizzata vantaggiosamente da altri studiosi.

I preparati con specie singole vanno catalogati in un apposito registro, numerati in ordine unico e progressivo; sulla celletta dovranno figurare il nome del genere e della specie, il numero del preparato, quello del campione di origine, l' età e la località di provenienza. Nel registro inventario inoltre sarà indicato anche il nome del ricercatore che ha determinato la specie.

Quando la collezione è abbastanza numerosa (qualche migliaio di preparati), è conveniente fare una doppia schedina per ogni specie isolata, e raggruppare una serie delle schede secondo l'ordine sistematico.

Una terza serie di schede può essere utile, se si dispone di materiale proveniente da molte località diverse. Questa terza serie di schede sarà ordinata secondo le località di provenienza dei fossili.

Occorre sottolineare l'importanza di una buona collezione, ricca di specie ben determinate, in un laboratorio micropaleontologico; questo infatti facilita enormemente la determinazione, limitando il lun-

go ed estenuante lavoro di consultazione bibliografica.

Un laboratorio di una certa importanza sarà dotato del maggior numero possibile di topotipi, in modo da permettere una conoscenza diretta e precisa almeno delle specie appartenenti a quei gruppi tassonomici che costituiscono il principale obiettivo di studio di quel laboratorio. Data la piccolezza dei microfossili, le possibilità di avere scambi sono molto ampie.

Il disporre di una vasta collezione di confronto offre inoltre il vantaggio, nella determinazione, di permettere un confronto diretto fra un individuo e un altro individuo, mentre quando ci si basa sulle pubblicazioni, si confronta necessariamente un individuo con la rappresentazione di un altro individuo. Se le rappresentazioni sono buone, si può raggiungere ugualmente lo scopo, ma purtroppo non sempre è così e si pubblicano ancora oggi lavori micropaleontologici, anche importanti, male illustrati. In questo caso, solo uno studioso molto esperto può arrivare a determinare correttamente il suo materiale, ma i giovani ricercatori incontrano spesso grosse difficoltà: una collezione ricca e buona è in casi del genere di inestimabile aiuto nella ricerca.

Microscopi

I microscopi usati in micropaleontologia sono prevalentemente di tipo stereoscopico, con due oculari e due obiettivi. Per lo studio delle sezioni sottili si può fare uso anche di microscopi non stereoscopici, dato che la visione deve essere per trasparenza, e che non è necessario di avere immagini in rilievo. Se le osservazioni petrografiche delle sezioni sottili vogliono essere alquanto approfondite, occorre servirsi di un microscopio da mineralogia, munito di nicols. Nella pratica comune però si usano spesso apparecchi sprovvisti di nicols da-

to che le rocce studiate sono sempre di natura sedimentaria e che i minerali più comuni, oltre alla calcite e al quarzo - facilmente riconoscibili anche senza l'ausilio della luce polarizzata - sono mica (nello studio micropaleontologico e delle microfacies non ha importanza di riconoscere se si tratti di biotite piuttosto che di muscovite o di un altro tipo di mica), glauconite, gesso, che si lasciano distinguere agevolmente anche a luce non polarizzata.

Nello studio dei microfossili isolati - che implica l'uso di apparecchi stereoscopici - il problema fondamentale è quello dell'illuminazione, che deve essere molto intensa, specie per i forti ingrandimenti, ma tuttavia non deve affaticare la vista nè creare ombre troppo scure, con condizioni sfavorevoli ad una buona osservazione.

Gli ingrandimenti comunemente usati non sono molto forti: 40-50 ingrandimenti sono sufficienti per isolare i microfossili più comuni (Foraminiferi, Radiolari, Ostracodi, ecc.), mentre per uno studio più approfondito della morfologia esterna (oramentazione del guscio e delle suture, aperture supplementari nei Foraminiferi, apparato cardinale e impronte muscolari negli Ostracodi ecc.) occorrono ingrandimenti maggiori, fino a 100 e anche più.

Ingrandimenti ancora più forti si usano per lo studio della struttura dei gusci, su esemplari sezionati. Dello stesso ordine di grandezza (100-200 e più) sono gli ingrandimenti impiegati per microfossili più piccoli, come le Calpionelle, che sono generalmente contenute in calcari compatti e che possono quindi essere studiate solo in sezione sottile.

Ingrandimenti ancora più forti (800-1000) si impiegano per certi microfossili « incertae sedis » come i *Nannoconus*.

Dei microfossili vegetali, le alghe di maggiori dimensioni (es. Dasycladacee, Melobesie) si studiano a vari ingrandimenti, dato che

le loro dimensioni sono piuttosto rilevanti per dei microfossili ma che le loro strutture interne sono a volte molto fini; gli oogoni di Characeae si riconoscono facilmente a medi ingrandimenti, essendo pressapoco delle stesse dimensioni dei microforaminiferi, come certe megaspore del Paleozoico.

Ingrandimenti fortissimi occorrono invece per lo studio dei pollini fossili, come anche per le Diatomee, i Discoasteridi, le Silicoflagellate ecc.

In pratica col microscopio stereoscopico - a causa delle difficoltà di avere una illuminazione abbastanza buona a forti ingrandimenti - non si possono osservare vantaggiosamente preparati a tre dimensioni con più di 100-150 X. Lo stesso microscopio permette però di usare ingrandimenti maggiori quando è usato per trasparenza, dato che in queste condizioni l'illuminazione non presenta eccessive difficoltà.

Per studiare microfossili piccolissimi come i pollini o le Diatomee o addirittura i bacteri occorrono attrezzature appositamente studiate.

Rappresentazione grafica dei microfossili

I microfossili si possono rappresentare graficamente seguendo vari sistemi, e precisamente:

a) microfotografie,

b) disegni dal vero,

c) disegni alla camera lucida,

d) disegni al proiettore.

a) Le microfotografie dei microfossili sono molto utili in quanto per-

mettono di rappresentare gli oggetti studiati senza che nella loro rappresentazione intervenga il fattore soggettivo dipendente dall'autore del disegno.

E' senz'altro il miglior metodo di rappresentazione grafica per le sezioni sottili; lo studio delle microfacies si avvale in larga misura delle microfotografie, che devono essere fatte in modo da avere un campo il più vasto possibile, così da poter osservare insieme una larga porzione della sezione stessa. Fotografie riproducenti un campo eccessivamente ristretto non sono adatte per lo studio delle microfacies, specie quando si abbia a che fare con rocce clastiche, aventi strutture grossolane. Gli ingrandimenti di queste microfotografie devono essere proporzionati alle dimensioni dei microfossili che si vogliono mettere in evidenza: sezioni di rocce a Nummuliti o in genere a macroforaminiferi saranno ingrandite 10-30 volte, mentre per rappresentare calcari a Calpionelle occorreranno ingrandimenti dieci volte maggiori.

Oltre che per documentare le microfacies, le fotografie di sezioni sottili sono il mezzo più comunemente usato per rappresentare i microfossili il cui studio è fatto di regola in sezione: Alghe calcaree, Tintinnidi, grandi Foraminiferi. Per questi ultimi si tratterà prevalentemente di sezioni orientate.

Le microfotografie di fossili isolati possono dare buoni risultati, talvolta anche ottimi, ma non sempre succede così. Risultano molto chiare ed efficaci quando illustrano esemplari col guscio vuoto, mentre a volte sono di difficile interpretazione quando gli esemplari da fotografare si presentano fossilizzati, col guscio riempito di materiale opaco. In pratica i Foraminiferi recenti, quelli pliocenici e talvolta anche quelli miocenici - se sono in buono stato di conservazione - danno dei buoni risultati, mentre quelli più antichi, il cui

stato di conservazione frequentemente non è altrettanto buono, spesso danno risultati scadenti. Ricordo inoltre che le forme appiattite, con contorno frastagliato, o lobato o variamente inciso, con ornamentazione vistosa, riescono generalmente bene, mentre le forme fortemente rilevate o globose, con contorno semplice e poco caratteristico, con ornamentazione fine o mancante spesso riescono assai poco chiare in fotografia.
I Foraminiferi planctonici, che hanno spesso camere globose e pareti lisce, sono fra i più difficili da fotografare.
Gli Ostracodi si possono rappresentare con fotografie e con disegni. Le prime spesso danno ottimi risultati, specialmente quelle che riproducono la parte esterna delle valve. Si ricorre invece al disegno per rappresentare i dettagli della morfologia interna del guscio (impronte muscolari, apparato cardinale) che generalmente non risultano abbastanza chiari in fotografia.

Fotografie molto chiare danno, d'abitudine, i Chitinozoi, nonostante il loro colore scuro e la loro piccolezza, perchè hanno una morfologia assai semplice ed il contorno - che appare chiaramente nelle fotografie - ha un valore diagnostico.

La fotografia è il mezzo di rappresentazione più usato anche per i Conodonti, i Radiolari ecc.

Recentemente sono state fatte con successo fotografie col microscopio elettronico, soprattutto di Discoasteridi e di *Nannoconus*. Nel primo caso si tratta di microfossili isolati, nel secondo caso le fotografie rappresentano i peels ricavati da sezioni lucide della roccia contenente i Nannoconus. Sia in un caso che nell' altro le fotografie hanno un grande rilievo e mostrano dettagli interessanti della struttura, ma per rappresentare in modo adeguato i microfossili bisogna completare la documentazione con disegni alla camera

lucida.

Inutile ricordare che per fotografare i microfossili occorre disporre di un laboratorio fotografico particolarmente attrezzato, specialmente per i microfossili isolati; nella fotografia si sente ancora più che nell'osservazione diretta il problema dell'illuminazione, che deve essere particolarmente curata per ottenere buoni risultati.

b) I disegni dal vero erano usati specialmente in passato per rappresentare i microfossili, ma sono ora caduti in disuso perchè presentano molti inconvenienti.
Si risente in essi troppo gravemente l'influenza del soggetto, che è portato inevitabilmente ad alterare la realtà dell'oggetto rappresentato, mettendo in evidenza taluni caratteri e trascurandone altri. Assolutamente da scartare i disegni fatti da disegnatori professionisti non specializzati nella materia specifica; deve essere lo stesso micropaleontologo che esegue personalmente i suoi disegni, o persona espertissima non solo della morfologia, ma anche dei caratteri tassonomici dei Foraminiferi o in genere dei microfossili. E' difficile nei disegni dal vero mantenere costante l'ingrandimento, anche se le rappresentazioni sono fedeli. Per questo si possono a volte usare fotografie - anche mal riuscite, a causa di materiale mal conservato, o altro - come base per il disegno, il quale mette in evidenza quei caratteri che non erano evidenti nella fotografia, mentre mantiene intatte le dimensioni del fossile e altri caratteri come il contorno e la disposizione delle camere, che risultano evidenti sulla fotografia-base.

c) I disegni alla camera lucida si fanno servendosi di una speciale apparecchiatura che permette di vedere contemporaneamente - mediante un sistema costituito da un prisma sovrapposto all'oculare e di uno specchio - il preparato e la punta della matita che disegna sul

foglio. In questo modo non si fa che seguire il contorno del fossile e tutti i caratteri che risultano evidenti, con notevole facilità ed assoluta fedeltà. La camera lucida serve sia per i preparati trasparenti, sia - ma con maggiori difficoltà dato che la camera lucida è applicata su un solo oculare e manca quindi la visione stereoscopica- anche per i fossili isolati. Nel disegnare alla camera lucida i fossili contenuti nelle sezioni sottili si ha il vantaggio di poter rappresentare in poco spazio tutti i fossili, o gran numero dei fossili contenuti in una sezione, mentre col metodo della fotografia non si opera questa «concentrazione». In pratica i disegni alla camera lucida delle sezioni sottili - accompagnati ad una microfotografia per ogni sezione, indispensabile per illustrare la microfacies - servono a completare le osservazioni sul contenuto organico delle stesse.
Oltre che per i preparati trasparenti, la camera lucida serve anche per disegnare microfossili interi. Fino a poco tempo fa questo metodo presentava dei seri inconvenienti perchè la camera lucida poteva essere applicata ad un solo oculare e non si aveva quindi la visione stereoscopica del preparato. Recentemente però una ditta svizzera (Wildt) ha introdotto sul mercato una camera lucida applicata al microscopio stereoscopico, il che rappresenta un sostanziale progresso nel campo del disegno microscopico.
Vi sono in commercio degli ottimi proiettori come il «Prado» della Leitz che permettono di proiettare sezioni sottili ingrandite fino a 3-400 volte ed anche di più.
Applicando un apposito prisma all'obiettivo, l'immagine viene proiettata su una superficie orizzontale e si possono così disegnare con ottimi risultati i microfossili più diversi contenuti nelle sezioni sottili, come Foraminiferi, Alghe, Tintinnidi, Radiolari ecc.
Rispetto al metodo della camera lucida, questo presenta il vantag-

gio di affaticare meno la vista in quanto si disegna a occhio nudo; esso è inoltre assai pratico per uso didattico, in quanto le stesse strutture possono essere osservate contemporaneamente e discusse da diversi operatori.

Metodi statistici

L'applicazione dei metodi statistici in micropaleontologia è di recente introduzione, ma già conta numerosissimi esempi, dato che il grande numero di individui presenti in quasi tutte le associazioni invoglia - si può dire - alla misurazione e al conteggio. Rispetto alla paleontologia, la micropaleontologia offre infatti il vantaggio di avere a disposizione popolazioni enormemente più numerose, tali da permettere di usare con vantaggio i metodi suddetti. Questi vengono applicati sia per studiare quantitativamente e per rappresentare graficamente le popolazioni fossili o quelle raccolte sui fondi dei mari attuali, sia per osservare e misurare la variabilità di singole specie nel tempo, oppure in una medesima associazione.

I metodi statistici applicati a intere faune (o flore) si usano specialmente per i campioni raccolti sui fondi dei mari attuali. Anzi, si può dire che tutti gli studi sui Foraminiferi recenti sono fatti su basi statistiche. Nel caso di sedimenti fossili, lo studio statistico serve per poter confrontare anche quantitativamente le associazioni in essi contenute con quelle viventi, delle quali si conoscono perfettamente le condizioni ambientali, e per facilitare quindi l'interpretazione paleogeografica dei sedimenti fossiliferi, ma anche per analizzare le variazioni delle condizioni ecologiche nel tempo in una sezione stratigrafica.

In questo caso si parte da una quantità di residuo sufficiente-

mente grande perchè le osservazioni e i conteggi abbiano un valore reale; non è possibile dare dei valori assoluti, perchè il numero di fossili contenuti nei sedimenti (antichi o recenti) è molto variabile. Occorre tener conto comunque che occorrono almeno 100 esemplari perchè le percentuali abbiano valore. Si è osservato d'altra parte che se si esamina un numero molto grande di esemplari, la perdita di tempo non è compensata da una maggior precisione dei risultati. Ossia le percentuali calcolate - poniamo ad esempio - su 300 esemplari non differiscono sensibilmente da quelle calcolate su 3000 esemplari. Si cerca perciò di osservare un residuo composto da 100 a 500 individui. Naturalmente i residui di lavaggio dai quali si estraggono questi esemplari *non devono essere selezionati;* si devono quindi usare alcune precauzioni nel dividere il campione, per evitare - ad esempio - che i Foraminiferi di maggiori dimensioni, o quelli più leggeri, o quelli di forma arrotondata vengano concentrati in una porzione del residuo, piuttosto che in un'altra.

In pratica si risolve il problema usando un apparecchio *separatore;* ne sono stati ideati e costruiti diversi tipi, più o meno ingegnosi, e tutti permettono di raggiungere lo scopo di ottenere porzioni di residuo non selezionate.

Una volta ottenuta una quantità adatta di residuo, da questo si isolano *tutti gli esemplari* in essa contenuti, classificandoli e contandoli tutti. Calcolato il loro numero complessivo, si risale alle percentuali nelle quali ogni singola specie entra nella associazione.

Negli elenchi di specie di cui siano calcolate le percentuali si usa generalmente tenere distinte le forme planctoniche (che nelle associazioni neritico-batiali ed in quelle batiali sono sempre nettamente preponderanti) da quelle bentoniche; in molti elenchi di Foraminiferi raccolti nei mari attuali a grandi profondità le specie bentoniche

sono addirittura trascurate, essendo scarsissimo il numero degli esemplari presenti, e quindi statisticamente trascurabile, mentre sono riportati unicamente gli elenchi con le percentuali delle specie planctoniche.

Questi dati statistici si rappresentano d'abitudine mediante tabelle o grafici, di cui riportiamo qui di seguito alcuni esempi. Per semplicità, e per rendere intelligibili i grafici stessi, non ci si riferisce mai a tutte le specie presenti, ma solamente ai generi e più spesso alle famiglie; così ad esempio, nel diagramma saranno riportate le percentuali in cui le Globigerinidae, le Globorotaliidae, le Nonionidae, le Lagenidae e le Textulariidae (pelagiche le prime due famiglie, bentoniche le altre tre) entrano nella composizione di una associazione. Credo sia quasi superfluo ricordare che riferendosi alle sole famiglie si semplifica la costruzione e la lettura dei diagrammi, ma si perdono i dettagli; per mantenere questi dettagli in pratica bisogna rinunciare all'uso dei diagrammi e riportare delle tabelle comprendenti tutte le specie presenti nell'associazione, con le relative percentuali numeriche.

Nei diagrammi le percentuali indicate si riferiscono di norma - salvo indicazione contraria - agli individui appartenenti alle varie famiglie, o gruppi di famiglie.

I diagrammi possono riferirsi ad un solo *campione*, oppure ad *una serie di campioni;* appartengono al primo tipo i diagrammi circolari e quello quadrato, al secondo tipo i diagrammi rettangolari, che sono i più comunemente usati.

Nei diagrammi circolari (fig. 6) il circolo rappresenta l'intera associazione; esso è suddiviso in settori le cui aree sono proporzionali al numero di individui appartenenti alle varie famiglie presenti nella associazione. La rappresentazione grafica è molto evidente, di-

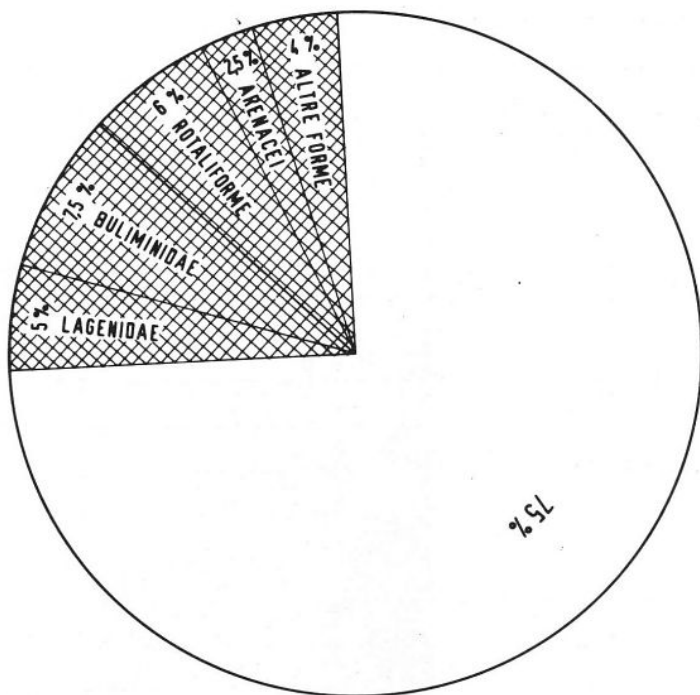



Fig. 6 - Esempio di diagramma circolare. La parte bianca corrisponde ai Foraminiferi planctonici, quella quadrettata ai Foraminiferi bentonici. Il campione rappresentato proviene dall'Elveziano del M. Culla (Siracusa). Da *Cita* 1959.

rei addirittura vistosa, specie quando i settori vengono colorati.

I diagrammi rettangolari - come si è detto - permettono di rappresentare contemporaneamente tutta una serie di campioni, e la loro praticità deriva appunto dal fatto che ci si può render conto immediatamente del variare delle condizioni ambientali (che influenzano la distribuzione delle varie famiglie) in una successione stratigrafica. A volte si usano grafici molto semplificati - come quello riprodotto alla fig. 7 - in cui i Foraminiferi, anzichè venire suddivisi in numerose famiglie, sono raggruppati in tre sole categorie, comprendenti la prima le forme pelagiche, la seconda le forme bentoniche di habitat littorale

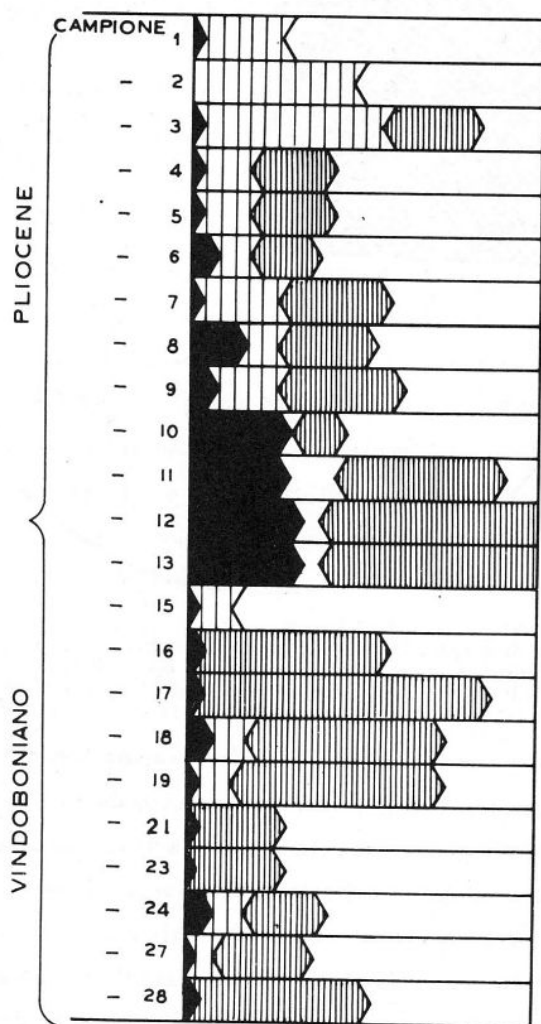



Fig. 7 - Esempio di diagramma rettangolare semplificato, riferentesi a numerosi campioni provenienti da un sondaggio. In nero: massa «globigerinica». Tratteggio largo: foraminiferi littorali. Tratteggio fitto: foraminiferi neritici. Da *Colom* 1955.

la terza le forme bentoniche neritiche.

Recentemente **di Napoli** ha illustrato un nuovo tipo di diagramma assai ingegnoso, perchè in esso si possono rappresentare contem-

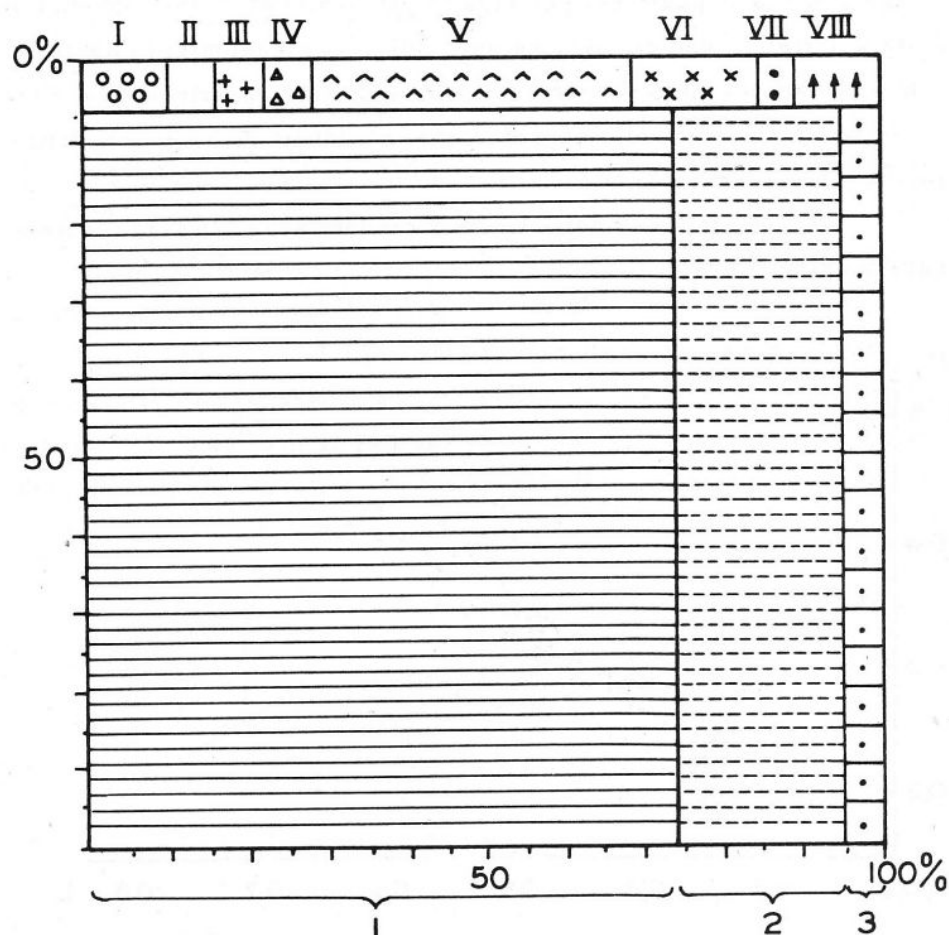



Fig. 8 - Esempio di diagramma quadrato. I numeri romani si riferiscono alle famiglie bentoniche (I = Textulariidae, II = Valvulinidae, III = Lagenidae, IV = Nonionidae, V = Buliminidae, VI = Rotaliidae, VII = Cassidulinidae, VIII = Chilostomellidae); quelli arabi ai generi planctonici, che appartengono tutti alla famiglia delle Globigerinidae (1 = Globigerina, 2 = Globigerinoides, 3 = Orbulina). Da *di Napoli* 1955.

poraneamente due cose distinte, e cioè:

a) il numero degli individui planctonici in rapporto a quello degli individui bentonici (le due aree separate da una retta orizzontale, nel diagramma, sono proporzionali a queste percentuali);

b) dentro all'ambito del plancton (o del benthos), ossia in quella parte del grafico che si riferisce agli individui planctonici (o bentonici), sono rappresentate le percentuali di individui appartenenti alle varie famiglie presenti nella associazione, o addirittura ai generi (limitatamente al plancton).

La consultazione della figura 8 renderà senz'altro più chiara questa spiegazione.

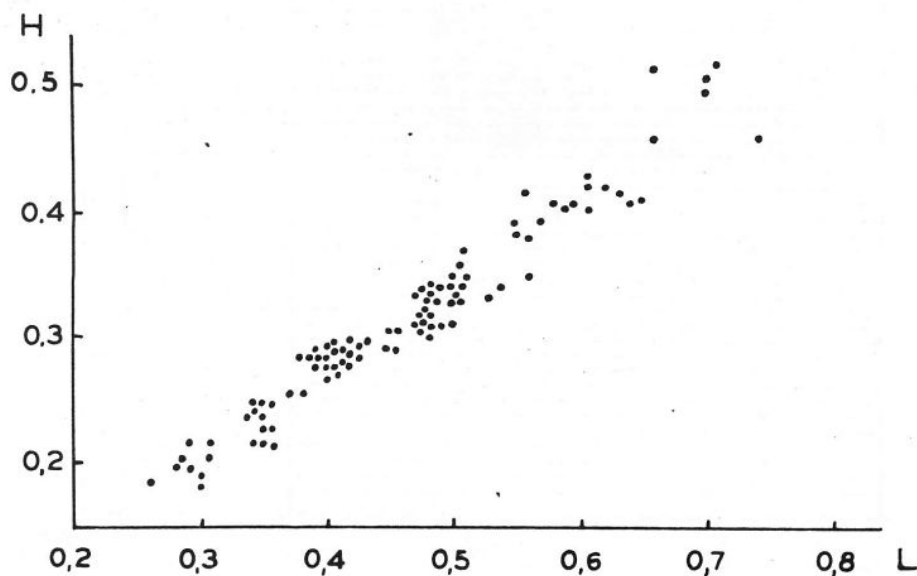



Fig. 9 - Diagramma di dispersione della lunghezza (L, in ascisse) e dell'altezza (H, in ordinate) di *Cytherella sylvesterbradyi* Reyment, nella sua località-tipo (sondaggio Araromi nella Nigeria occidentale, profondità m 311-314, Paleocene). Da *Reyment* 1963.

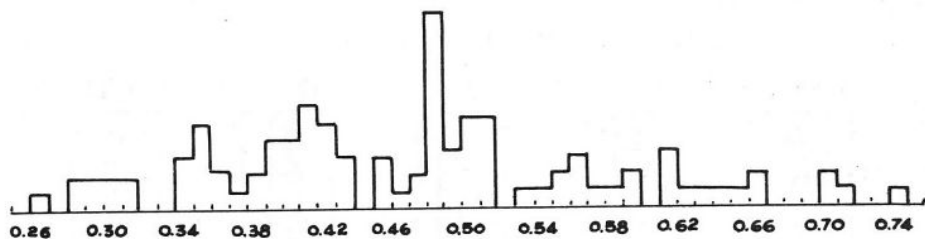



Fig. 10 - Istogramma della lunghezza di *Cytherella sylvesterbradyi* Reyment nella sua località-tipo (sondaggio Araromi nella Nigeria occidentale, profondità m 311-314). Da *Reyment* 1963.

Tutti i diagrammi ora descritti servono a rappresentare graficamente intere associazioni microfaunistiche.

I metodi statistici possono essere applicati anche all'analisi di caratteri biometrici di singole specie. Analisi statistiche molto spinte, delle quali riportiamo qui alcuni esempi, sono state recentemente effettuate soprattutto sugli Ostracodi.

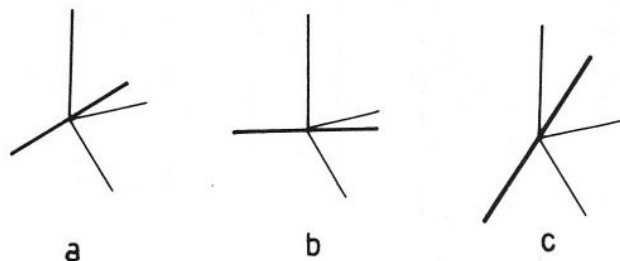



Fig. 11 - Diagrammi tridimensionali, che mostrano l'orientazione e la lunghezza relativa degli assi principali dell'ellissoide di (a) *Leguminocythereis bopaensis* (Apostolescu), (b) *L. senegalensis* Apostolescu e (c) *L. lagaghiroboensis* Apostolescu. Da *Reyment* 1963.

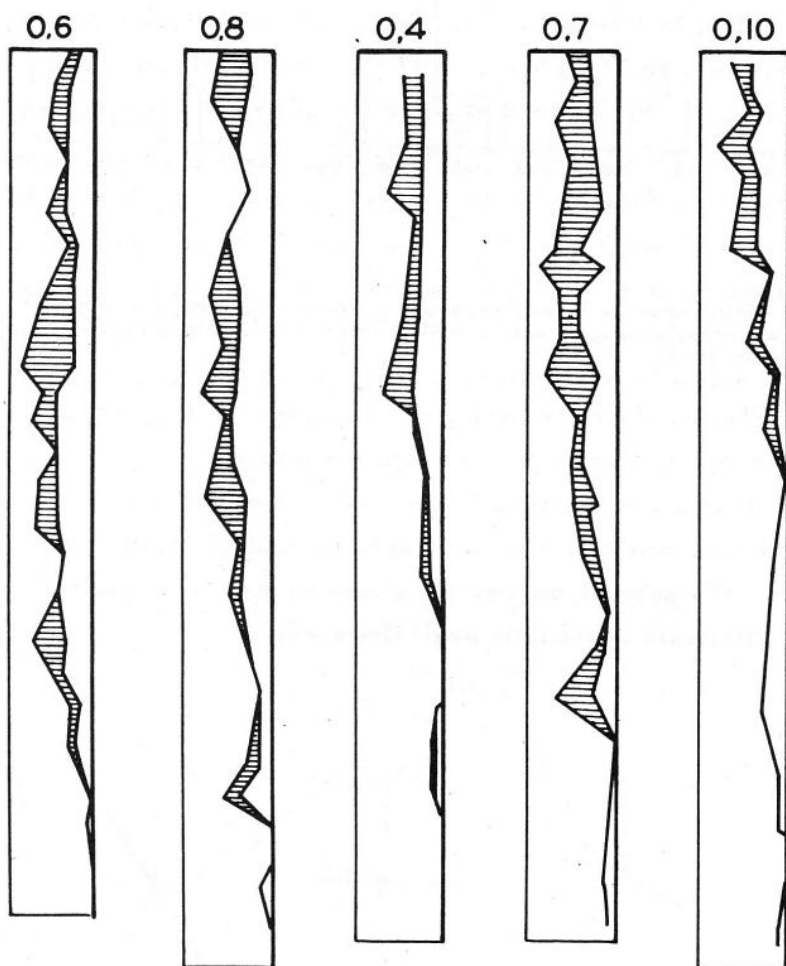



Fig. 12

Nelle figure 12 e 13 sono riprodotti altri esempi dell'impiego dei metodi statistici in micropaleontologia. Nella prima sono indicate le fluttuazioni climatiche dedotte dalle variazioni numeriche degli indicatori caldi e freddi, in carote prelevate col carotiere Kullenberg dal fondo del Mediterraneo occidentale. Gli indicatori caldi e freddi sono scelti a giudizio degli autori fra i Foraminiferi planctonici, che vivono in superficie e sono quindi soggetti, a differenza di quelli che vivono al fondo, alle variazioni climatiche.

Un ulteriore esempio dell'impiego dei metodi statistici in micropaleontologia è illustrata nella fig. 13, riprodotta da una pubblicazione di **Nagappa.** Alcuni anni fa lo specialista in Foraminiferi planctonici **Bolli** mise in evidenza il significato della direzione di avvolgimento nell'evoluzione di alcune specie di *Globorotalia.* In certi campioni si osservano esemplari avvolti verso destra o verso sinistra in proporzioni quasi uguali, mentre in altri vi è una netta tendenza preferenziale verso un determinato tipo di avvolgimento. Senza entrare in merito al significato attribuito da Bolli a questo fenomeno, ci limitiamo ad affermare come studi successivi abbiano controllato la validità delle sue affermazioni. Applicando misure statistiche sulla direzione di avvolgimento, l'americano **Ericson** è riuscito a stabilire correlazioni fra carote prelevate sul fondo dell'Oceano Atlantico, basate sulle osservazioni effettuate su *Globorotalia truncatulinoides* (vedi figura 13).

CORRELATION BY COILING DIRECTION
OF GLOBOROTALIA TRUNCATULINOIDES
WEST
EAST
A 180-39
27-7 Km
R 5 - 54
3470 m
3295m
27° 50'N: 19° 18'W
25° 52-3'N: 19° 03-3' W
100% LEFT 100% RIGHT
100% LEFT 100% RIGHT
0
73cm
1m
1m
127cm
180cm
AFTER DAVID B. ERICSON:
Geological Observatory Technical
Report on Submarine Geology
No 1 (1953)

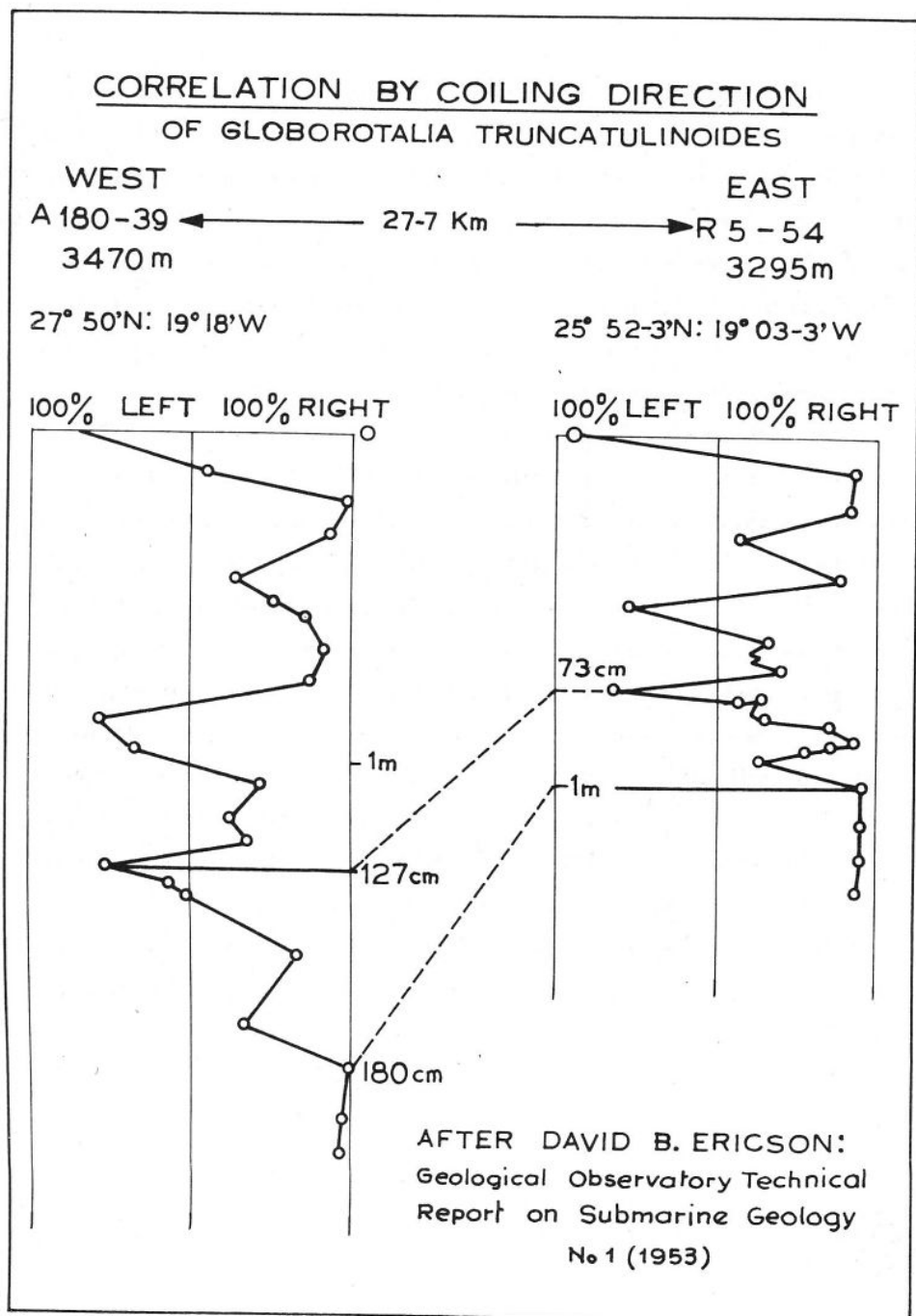



Fig. 13

PARTE II

(Descrittiva)

In questa seconda parte verranno descritti i principali gruppi di microfossili, indicando per ciascun gruppo la posizione sistematica, i criteri per la classificazione, la distribuzione stratigrafica, il significato ecologico ecc. Per i gruppi meno importanti per il loro scarso interesse stratigrafico, o per essere scarsamente conosciuti, o perchè poco diffusi in Italia o altro, questa descrizione sarà ridotta ai minimi termini; per altri gruppi invece si daranno maggiori dettagli e specialmente per i Foraminiferi che sono i più importanti microfossili conosciuti allo stato attuale delle conoscenze micropaleontologiche.

MICROFOSSILI VEGETALI

I microfossili appartenenti al regno vegetale sono meno importanti, complessivamente, di quelli appartenenti al regno animale, ma possono a volte essere ben rappresentati nelle associazioni fossili, e presentano spesso un notevole interesse stratigrafico.

I microfossili vegetali che si trovano nei sedimenti marini sono in massima parte Alghe (Tallofite): Alghe calcaree, che vivono attaccate al fondo contribuendo alla formazione delle scogliere, o minute Alghe unicellulari, che vivono galleggiando (plancton) come le Diatomee, le Coccolitine ecc.

Possono trovarsi anche in sedimenti marini, ma sono contenuti di regola in sedimenti continentali (carbone, argille lacustri ecc.) spore, pollini e resti di Alghe di acqua dolce come le Characee.

Raggruppiamo i microfossili vegetali, che verranno trattati nelle pagine seguenti, secondo lo schema qui riportato, che non ha le pretese nè il significato di una classificazione, ma rappresenta semplicemente un raggruppamento abbastanza soddisfacente agli effetti delle ricerche micropaleontologiche:

A) *Protofiti*
- a) Coccolitophoridi
- b) Silicoflagellate
- c) Dinoflagellate
- d) Histricosphaeridi
- e) Diatomee

B) *Alghe calcaree*

C) *Parti di vegetali non microscopici*	a) Spore b) Pollini c) Oogoni di Carofite

A) PROTOFITI

Riuniamo in questo capitolo i vegetali più semplici e primitivi fra quelli conosciuti allo stato fossile, tutti unicellulari e planctonici.

Fra i gruppi che verranno trattati, i primi quattro (Coccolitophoridi, Silicoflagellate, Dinoflagellate, Histricosphaeridi) appartengono alle Flagellate, mentre le Diatomee appartengono al gruppo delle Alghe bacillariacee.

Le Flagellate sono caratterizzate dalla presenza costante di flagelli, sono di dimensioni molto piccole (da qualche millesimo a qualche centesimo di millimetro) e possiedono un guscio calcareo (Coccolitine), siliceo (Silicoflagellate) o formato da cellulosa (Dinoflagellate).

Per i Discoasteridi e gli Histrocosphaeridi il riferimento alle Flagellate non è sicuramente accertato, ma solo probabile.

a) Coccolitophoridi

Non tutti gli autori sono d'accordo sul valore da dare ai Coccolitophoridi, come unità tassonomica. Per questo adottiamo questo nome, senza pronunciarci su una precisa posizione gerarchica.

Ai Coccolitophoridi, secondo le interpretazioni più recenti appartengono sia le Coccolitine s.str., sia altri microorganismi calcarei come i Discoasteridi e le Braarudosfere. La distinzione fra questi

gruppi è fatta nel modo seguente:

1) **Helioliti:** forme costituite da numerosi elementi cristallini con disposizione più o meno radiale. Corrispondono alle Coccoliti vere e proprie.
2) **Ortholiti:** forme composte da un singolo cristallo di calcite (Discoasteridi) o da più cristalli orientati nello stesso senso e con l'asse ottico parallelo alla superficie esterna (Braarudosfere).

Coccolitine

Le Coccolitine sono generalmente considerate Alghe unicellulari; però recentemente sono stati osservati fenomeni di assimilazione di particelle estranee, per cui **Parker e Adams** le riavvicinerebbero ai Protisti.

Sono organismi planctonici, unicellulari, principalmente marini, gelatinosi, con una parete cellulare globosa, ricoperta da piccole piastrine calcaree (*Coccoliti*). Le Coccoliti sono molto comuni nei sedimenti marini pelagici; sono note a partire dal Lias, ma si incontrano con una certa frequenza soprattutto dal Cretaceo. Secondo **Gümbel** 1 centimetro cubo di marna eocenica della Baviera meridionale contiene 5000 Foraminiferi e 800.000 Coccoliti. I cosiddetti «fanghi a Globigerine» sono costituiti da Coccoliti fino al 70% . Da osservazioni effettuate al microscopio polarizzatore e al microscopio elettronico risulta che le Coccoliti sono formate da aggregati cristallini submicroscopici di calcite che presentano una disposizione geometrica caratteristica (vedi fig. 14).

Dalle ricerche più recenti risulta che l'abito romboedrico della calcite è molto più comune nelle Coccoliti dell'abito esagonale.

Le Coccolitine sono considerate forme caratteristiche dei mari

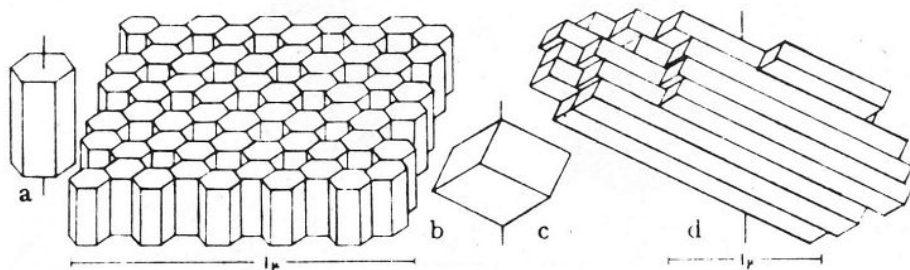



Fig. 14 - Le due disposizioni dei cristalli di calcite osservate nelle Coccolithophoridae. Le Linee verticali rappresentano la direzione dell'asse ottico.

a) abito prismatico: gli spigoli del prisma sono paralleli all'asse ottico, e le fibre prismatiche danno estinzione dirètta a nicols incrociati.
b) disposizione esagonale di prismi nella corona di *Calyptrosphaera papillifera.* La parte centrale di ogni gruppo esagonale manca, dando luogo a una struttura a setaccio regolare.
c) abito romboedrico: gli spigoli sono tutti obliqui rispetto all'asse ottico, cosicchè le fibre romboedriche danno estinzione obliqua.
d) fibre romboedriche nello stelo di *Rhabdosphaera stylifer.*

Da *Black* 1963.

caldi: la distribuzione batimetrica è influenzata in primo luogo dalla luce, secondariamente dalla temperatura. Esse sono diffuse in tutto il mondo. Nelle acque fredde il numero delle specie è enormemente inferiore al numero degli individui presenti nell'associazione, mentre in acque calde sono rappresentate numerose specie, alle quali possono appartenere solo pochi individui.

Fra le Coccoliti (piastrine isolate) vengono distinti i seguenti sette tipi:

1) *Discoliti:* piastre ellittiche con margini ispessiti senza foro trasversale, palesemente di tipo più primitivo;
2) *Lopadoliti:* più o meno a forma di clava;
3) *Tremaliti:* piastre semplici con foro centrale (v. fig. 15);
4) *Cyatoliti (= Placoliti):* piastre appaiate con un buco centrale e un canale di collegamento;
5) *Rhabdoliti:* piastre con spine percorse da lunghi canali profondi (v. fig. 16);

Fig. 15 - *Coccolithus oulchyensis* Bouché, del Luteziano inferiore (Tremalite). Da *Bouché* 1962.

6) *Stephanoliti:* a forma di corona;

7) *Calyptroliti:* a forma di berretto (v. fig. 17).

Fra le forme più comuni si hanno Discoliti, Placoliti e Rhabdo liti. I Discoliti hanno una corona periferica ispessita, costituita da un agglomerato di cristalli romboedrici di calcite. All'interno di questa

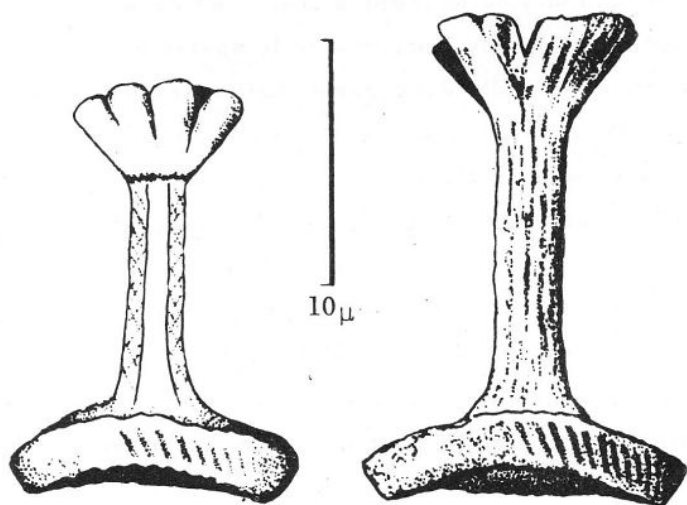



Fig. 16 - *Rhabdolithus anthophorus* Deflandre, del Senoniano (Rhabdolite). Da *Deflandre* 1959.

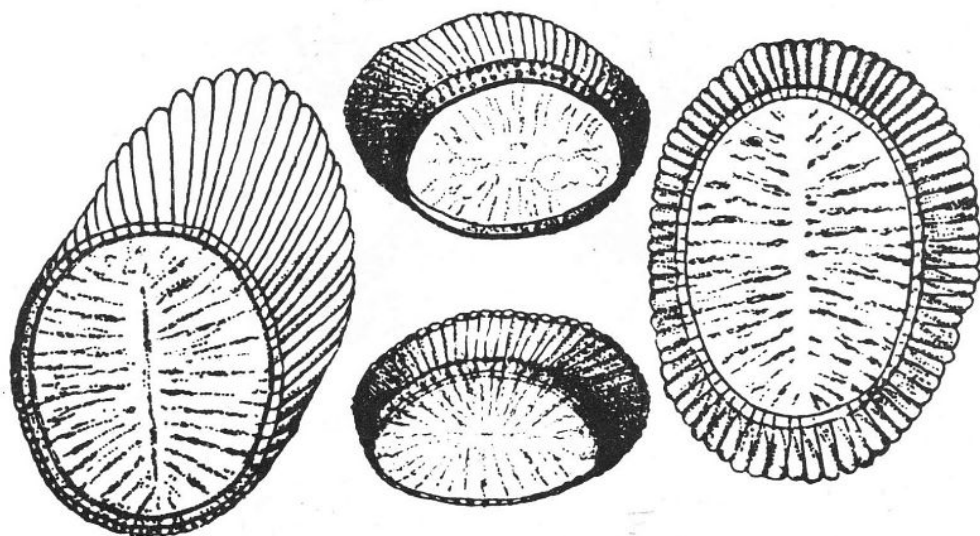



Fig. 17 - *Kamptnerius magnificus* Deflandre, del Maastrichtiano (Calyptrolite). Da *Deflandre* 1959.

corona i cristalli sono disposti in modo vario (radiale, obliquo ecc.) e pare che l'accrescimento avvenga in modo centripeto.

Nei Placoliti non vi è invece una corona periferica: gli scudi, forati internamente, sono costituiti da piastre che si sovrappongono in senso orario o antiorario (vedi figg. 18 e 19).

Nei Rhabdoliti le pareti del canale sono costituite da cristalli romboedrici disposti secondo una spirale elicoidale.

La classificazione delle Coccolitine si avvale in larga misura dei caratteri presentati dalle Coccoliti: in alcune forme addirittura il guscio intero è sconosciuto; sono distinte 6 famiglie, con parecchie decine di generi. La massima parte dei generi vive dal Cretaceo o dal Terziario, mentre le forme giurassiche sono relativamente poco numerose.

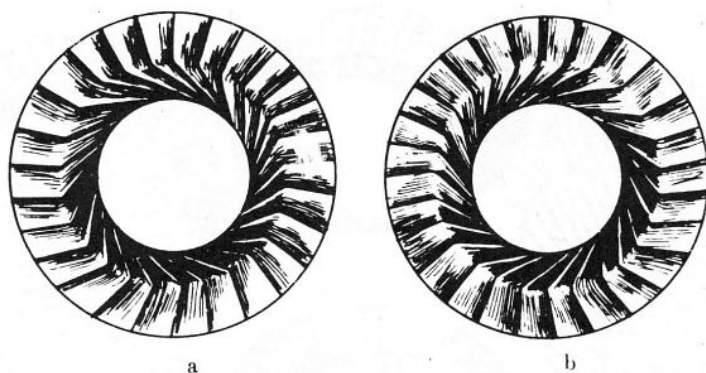



Fig. 18 - Diagramma schematico che mostra la disposizione embriciata sinistrorsa (a) e destrorsa (b) delle Coccoliti. Da *Hay e Towe* 1962.

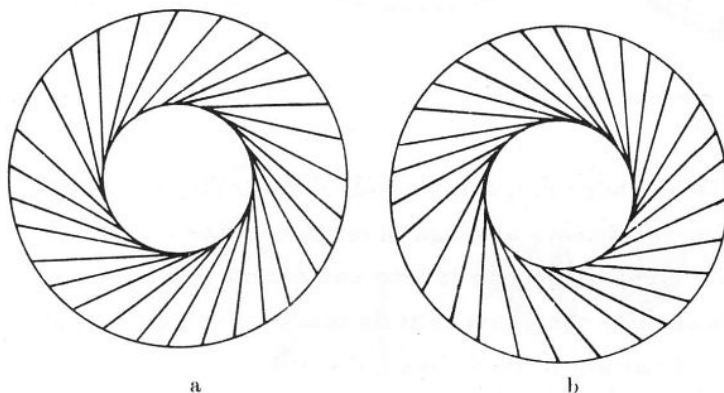



Fig. 19 - Diagramma schematico che mostra l'inclinazione in senso orario (a) e in senso antiorario (b) delle suture fra le piastre. Da *Hay e Towe* 1962.

Braarudosphaeridi

Le Braarudosphaeridae sono costituite da piastre pentagonali formate da cinque elementi simili fra loro. Ognuno di questi elementi è formato da dei cristallini paralleli fra di loro, e con l'asse ottico parallelo alla superficie esterna. Fra i generi più comuni ricordiamo *Braarudosphaera, Pemma e Micrantholithus* qui figurati (v.figg.20-22).

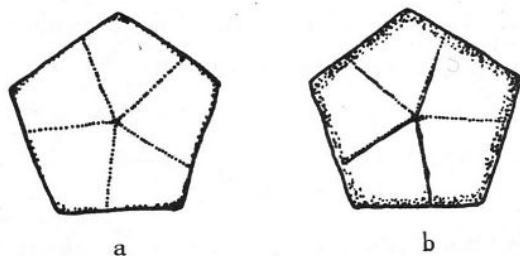



Fig. 20 - *Braarudosphaera bigelowi* (Gran e Braarud), x 2000 circa. Da *Stradner* e *Papp*. 1961. a = faccia superiore; b = faccia inferiore.

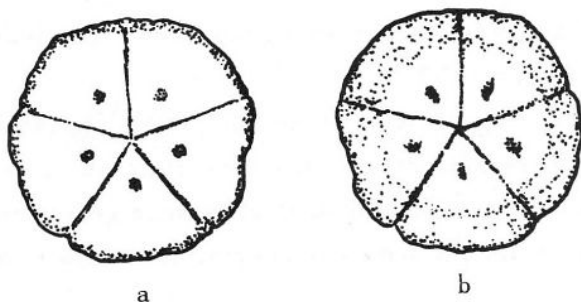



Fig. 21 - *Pemma rotundum* Klumpp, del Luteziano di Salisburgo, x 2000 c. Da *Stradner e Papp* 1961. a = faccia superiore; b = faccia inferiore.

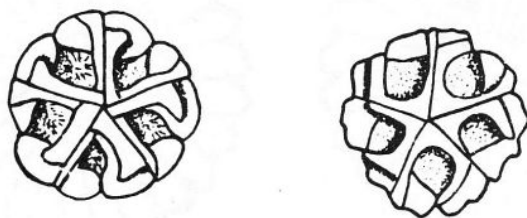



Fig. 22 - *Micrantholithus parisiensis* Bouché, del Luteziano di Parigi, x 3000 circa. Da *Bouché* 1962. a = faccia superiore; b = faccia inferiore.

Secondo le ricerche più recenti, vi sono specie di notevole valore stratigrafico nel Terziario (vedi fig. 32).

Discoasteridi

Questi microfossili scoperti, come le Coccoliti, da **Ehrenberg**, sono forme stellate, piccole, costituite da un unico cristallo di calcite. Il massimo diametro misurato è di tre centesimi di millimetro (meno di un decimo dei piccoli Foraminiferi). La faccia superiore e quella inferiore sono alquanto differenziate in alcuni generi (es. *Discoaster*, vedi figg. 23-29) mentre in altri generi sono identiche (es. *Marthasterites*, vedi figg. 30-31).

Gli studi compiuti negli ultimi anni hanno dimostrato che i Discoasteridi rappresentano degli ottimi fossili sia per la rapidità della loro evoluzione, sia per l'estesissima diffusione geografica. Per questo abbiamo illustrato qui numerose specie, scelte fra le più significa

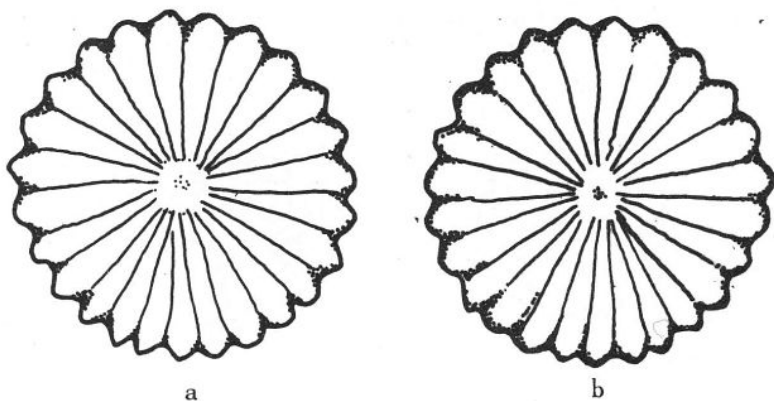



Fig. 23 - *Discoaster multiradiatus* Bramlette e Riedel, del Paleocene superiore. x 3000 circa. Da *Bronniman e Rigassi* 1963. a = faccia superiore; b = faccia inferiore.

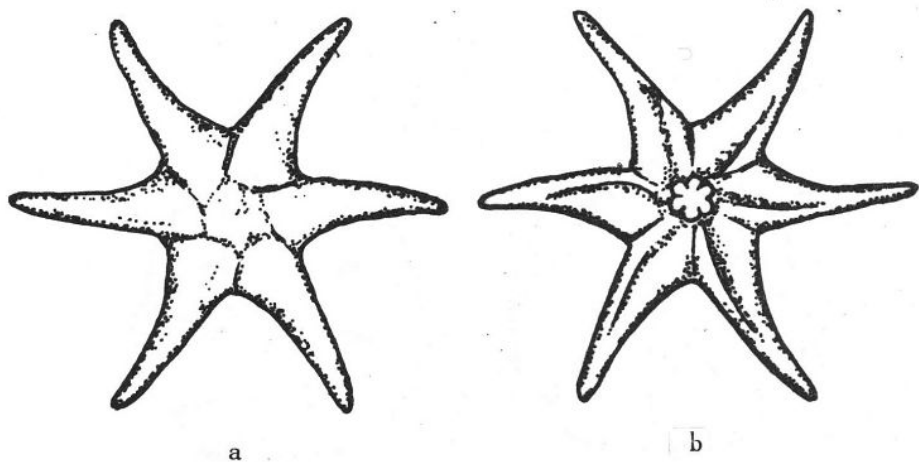



Fig. 24 - *Discoaster lodoensis* Bramlette e Riedel dell'Eocene inferiore, x 3000. circa. Da *Bronnimann e Rigassi* 1963. a = faccia superiore; b = faccia inferiore.

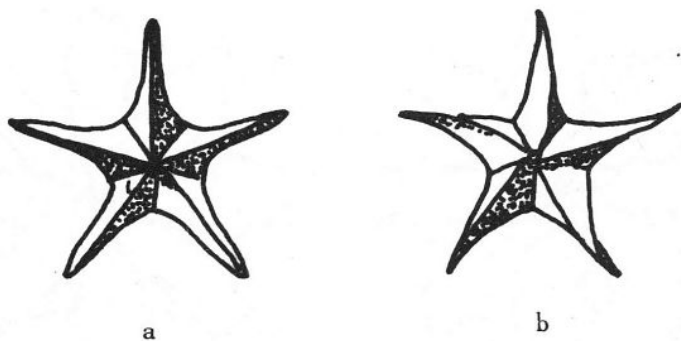



Fig. 25 - *Discoaster sublodoensis* Bramlette e Sullivan, dell'Eocene medio, x 3000 circa. Da *Bouché* 1962. a = faccia superiore; b = faccia inferiore.

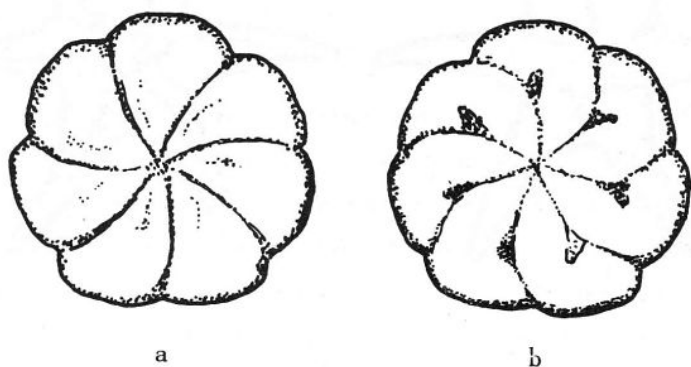



Fig. 26 - *Discoaster uncinatus* Bronnimann e Stradner, x 3000 circa. Da *Bronnimann e Rigassi* 1963. a = faccia superiore; b = faccia inferiore.

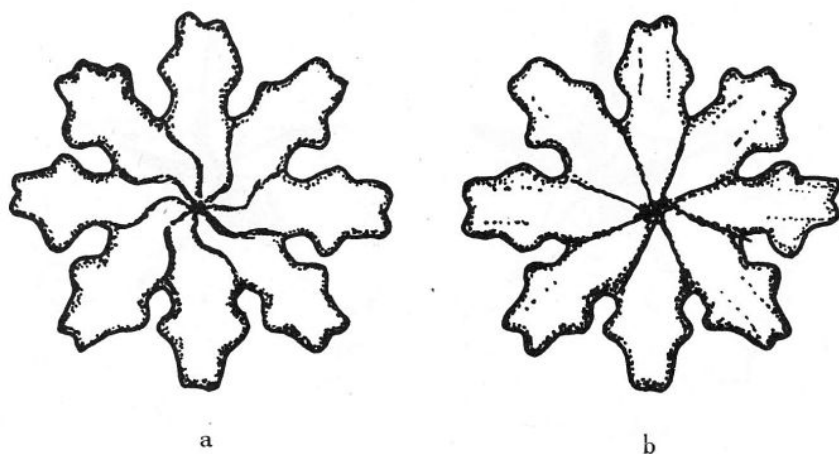



Fig. 27 - *Discoaster binodosus* Martini, del Paleocene superiore, x 3000 circa. Da *Bronnimann e Rigassi* 1963. a = faccia superiore; b = faccia inferiore.

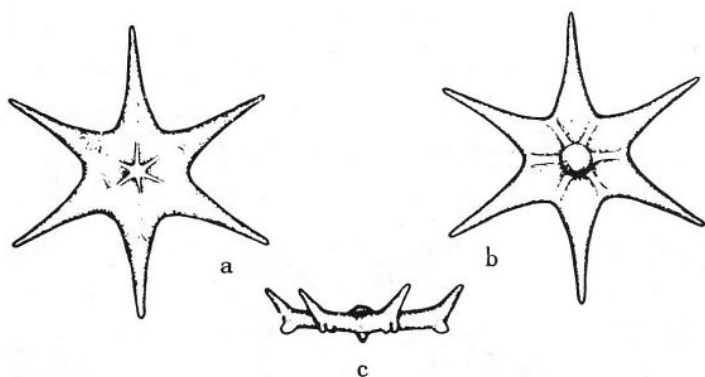



Fig. 28 - *Discoaster brouweri*,Tan Sin Hok del Tortoniano di Tortona, x 2000 circa. Da *Stradner e Papp* 1961. a = faccia superiore; b = faccia inferiore; c = veduta laterale di un altro esemplare.

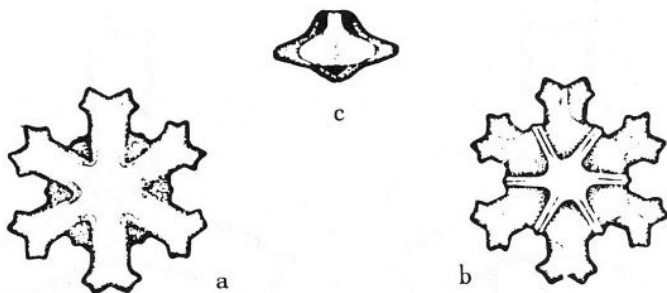



Fig. 29 - *Discoaster musicus* Stradner del Tortoniano inferiore di Frattingsdorf, x 2000 circa. Da *Stradner e Papp* 1961. a = faccia superiore; b = faccia inferiore; c = veduta laterale di un altro esemplare.

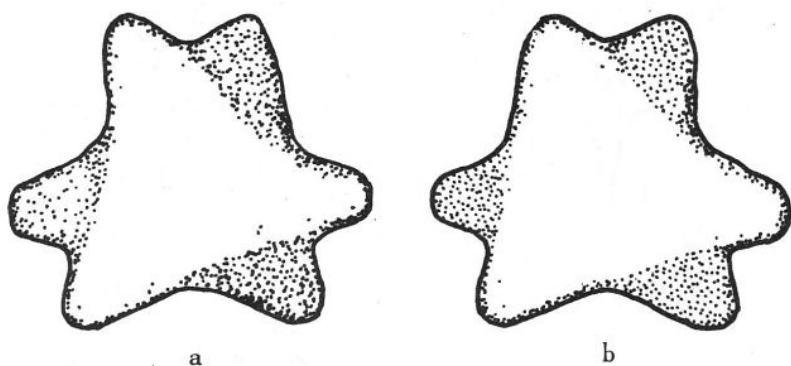



Fig. 30 - *Marthasterites contortus* (Stradner), del Paleocene superiore, x 3000 circa Da *Bronnimann e Rigassi* 1963. a = faccia superiore; b = faccia inferiore.

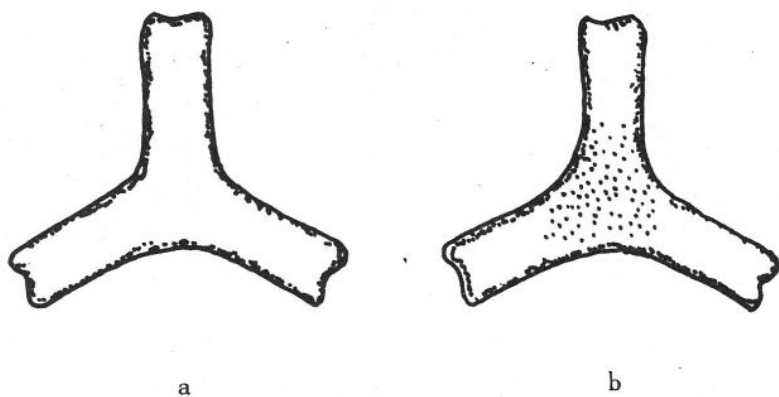



Fig. 31 - *Marthasterites tribrachiatus* (Bramlette e Riedel),del Paleocene superiore, x 3000 circa. Da *Bronnimann e Rigassi* 1963. a = faccia superiore; b = faccia inferiore.

tive del Paleocene, dell'Eocene e del Miocene.

I Discoasteridi del Terziario italiano non sono stati ancora studiati in modo adeguato, e le notizie che si hanno finora sono dovute ad autori stranieri.

L'interesse particolare di questi fossili risiede nelle loro dimensioni ridottissime e nel loro modo di vita pelagico; essi si trovano praticamente in tutti i tipi di sedimenti, ma in particolare in quelli molto fini. In successioni di tipo flysch, dove i fossili sono spesso rimaneggiati, i Discoasteridi si trovano nella parte terminale della sequenza, dove il sedimento è più fine, e generalmente non sono rimaneggiati.

Correlazioni intercontinentali di grande interesse perchè riguardano serie-tipo o giacimenti caratteristici, ma difficilmente correlabili per altre vie, sono state recentemente ottenute con l'impiego di questi microfossili.

Le associazioni meglio conosciute, oltre a quelle viventi, sono del Paleocene e dell' Eocene: per queste è stata proposta una zonazione, basata su specie caratteristiche, e collegata ad altre zonazioni basate su Foraminiferi planctonici, su Nummuliti ecc. Anche le associazioni del Miocene sono abbastanza ben conosciute. Meno conosciuti invece sono l'Oligocene ed il Pliocene. Nel sondaggio sperimentale «Mohole» effettuato al largo della Guadalupa, alla profondità di oltre 3500 m sotto il livello del mare, sono state incontrate associazioni a Discoasteridi, in gran parte nuove, datate al Miocene superiore e medio.

In appendice a queste forme, che sono chiamate anche «Nannofossili calcarei», includiamo degli altri microfossili di incerta posizione, i cosiddetti *Nannoconus*.

I *Nannoconus* sono forme coniche o cilindriche di piccolissime

Discoasteriden und verwandte Formen im NW-deutschen Eozän

(E. Martini 1959)

Zeichen	Bedeutung
?	fraglich
○○	Einzelfunde (1-5 Ex.)
●●	selten (6-15 Ex.)
▌	häufig (16-65 Ex.)
■	sehr häufig - massenhaft (>65 Ex.)

	Zygolithus dubius	Isthmolithus recurvus	Braarudosphaera bigelowi	Pemma rotundum	Micrantholithus flos	Micrantholithus vesper	Discoaster tribrachiatus	Discoaster cruciformis	Discoaster hohnensis	Discoaster obscurus	Discoaster bramlettei	Discoaster pentaradiatus	Discoaster tani tani	Discoaster tani nodifer	Discoaster germanicus
Neuengammer Gassand (Oligozän)			▌												
oberes Ober-Eozän		■	▌			■							■	○○	
mittleres Ober-Eozän	○○		●●												
unteres Ober-Eozän	■		▌	●●	■	▌		▌	●●	○○	○○	▌	?		■
Unter-Eozän 4															
Unter-Eozän 3	▌						■			○○			▌		
Unter-Eozän 2															
Unter-Eozän 1															

	Discoaster plebeius	Discoaster binodosus binodosus	Discoaster binodosus hirundinus	Discoaster distinctus	Discoaster nonaradiatus	Discoaster septemradiatus	Discoaster crassus	Discoaster barbadiensis	Discoaster lodoensis	Discoaster saipanensis	Discoaster deflandrei	Trochoaster simplex	Trochoaster cristatus	Trochoaster swasticoides
Neuengammer Gassand (Oligozän)														
oberes Ober-Eozän		○○	○○											●●
mittleres Ober-Eozän							▌	▌						
unteres Ober-Eozän	■	■	○○	■	■	■		■	■	▌	▌	■	○○	●●
Unter-Eozän 4														
Unter-Eozän 3		○○						●●	■		○○			
Unter-Eozän 2														
Unter-Eozän 1														

Fig. 32 - Distribuzione stratigrafica dei Discoasteridi e forme affini nell'Eocene della Germania nord-occidentale. Da *Martini* 1959.

dimensioni (lunghezza da 10 a 30 micron), con sezione trasversale circolare, che sono contenute in numero straordinariamente elevato in certi calcari del Titonico superiore e del Cretaceo inferiore della regione alpina e mediterranea e delle Antille (Tetide).

Si ritiene che i Nannoconus siano alghe planctoniche (forse oogoni); si trovano in sedimenti di tipo francamente pelagico e assumono a volte una vera importanza litogenetica. Possono dar luogo ad associazioni esclusive, o sono accompagnati da Tintinnidi, Radiolari, Foraminiferi.

Data l'estrema piccolezza dei Nannoconus e dato che essi sono contenuti in calcari puri o marnosi a grana fine, sublitografici, il loro studio è stato finora effettuato solamente su sezioni sottili. Per le osservazioni occorrono ingrandimenti molto più forti che per il normale lavoro micropaleontologico di routine (almeno 600/700 ingrandimenti).

Questi microfossili erano considerati da **De Lapparent**, il quale li aveva per primo osservati, come embrioni di Lagena; successivamente sono stati distinti da **Kamptner** col nome di Nannoconus. Recentemente **Bronnimann**, descrivendo le associazioni da lui individuate a Cuba, ha distinto una decina di specie, di valore puramente formale. Da questo importante studio risulta che la distribuzione dei Nannoconus va dal Berriasiano all'Aptiano-Albiano, e che si hanno tre tipi di associazioni: uno del Berriasiano, di tipo più primitivo, caratterizzato dall' assoluta predominanza di *Nannoconus steinmanni;* una del Neocomiano-Barremiano, con la stessa specie accompagnata da *N. globulus, N. thalmanni, N. colomi;* una di tipo più recente (Aptiano-Albiano) con piccole forme cilindriche appartenenti alle « specie » *N. minutus, N. truitti, N. elongatus.* Ricerche successive hanno mostrato che i primi *Nannocomus* compaiono già nel Titonico superiore (**Cita e Pasqua-**

ré 1959), con associazioni diverse da quelle del Berriasiano; che i *Nannoconus* più recenti si trovano nel Senoniano medio del bacino di Parigi (**Deflandre** e **Deflandre-Rigaud** 1959). Recentemente sono stati studiati i *Nannoconus* del Barremiano-tipo (**Guillaume, Sigal** e **Bouché** 1963) e la loro distribuzione è stata messa in rapporto con quello delle Ammoniti.

I *Nannoconus* si studiano in sezioni sottili non orientate. Per poterli classificare si usano essenzialmente le sezioni longitudinali,

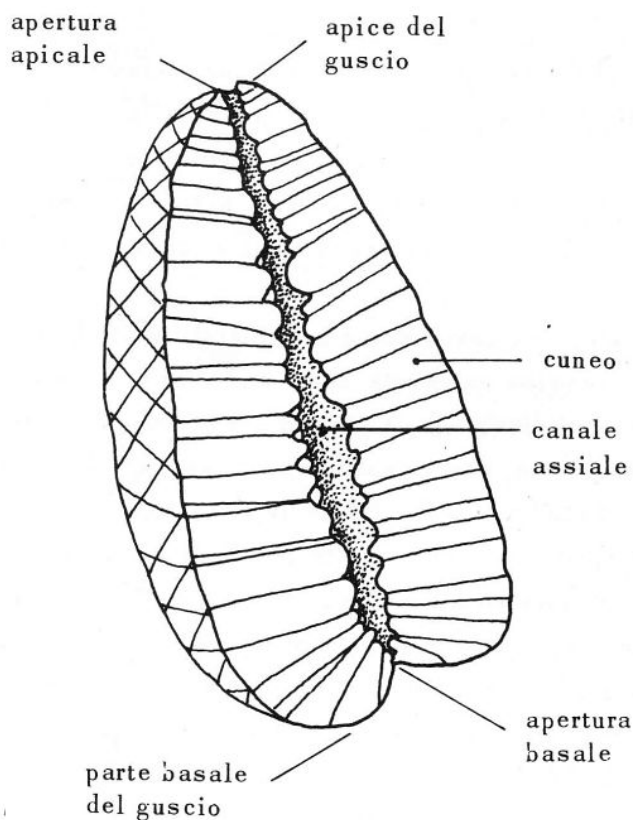



Fig. 33 - Sezione schematica di *Nannoconus steinmanni*. Da *Bronnimann* 1955, semplificato.

mentre le sezioni trasversali nella maggioranza dei casi non sono indicative e quelle oblique non sono utilizzabili. Una sezione longitudinale si riconosce perchè in essa si vedono tanto l'apertura superiore quanto quella inferiore. I gusci sono conici, cilindrici o subglobosi: la parete è relativamente spessa e costituita da cunei diretti perpendicolarmente alla parete interna. Vi sono due aperture, più o meno larghe: generalmente la più pronunciata è quella superiore. Se il guscio è conico, l'orientazione si fa in modo che la base del cono sia in basso. Sono caratteri diagnostici la forma del guscio, i rapporti biometri-

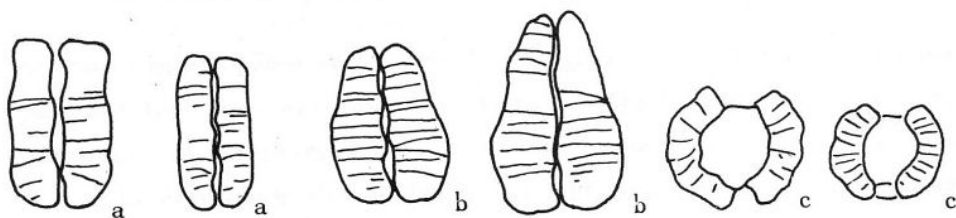



Fig. 34 - a) = *Nannoconus dolomiticus* Cita e Pasquaré; b) *Nannoconus steinmanni* Kamptner; c) *Nannoconus globulus* Bronnimann.

ci, i caratteri delle aperture e la forma e le dimensioni della cavità centrale delimitata dalla superficie interna delle pareti. In alcune «specie» la cavità centrale praticamente non esiste. ma è sostituita da un canale assiale molto ridotto in larghezza.

In Italia le associazioni a Nannoconus sono abbondanti specialmente nel Neocomiano, ma si ritrovano dal Titonico superiore all'Aptiano-Albiano. Sono state segnalate nelle Prealpi lombarde e venete, nelle Dolomiti, nell'Appennino centrale e in Sicilia.

b) Silicoflagellate

Queste alghe flagellate sono caratteristiche attualmente dei mari freddi: hanno uno scheletro siliceo interno che è generalmente ca

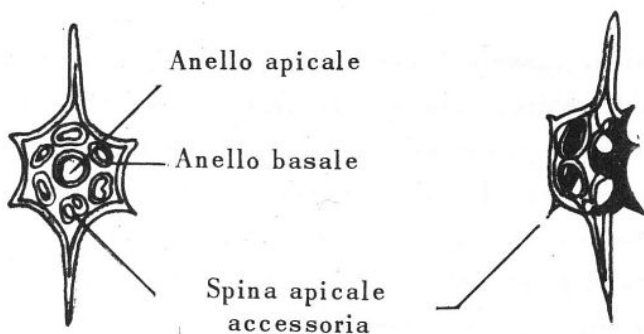



Fig. 35 - Nomenclatura dello scheletro di una Silicoflagellata. Da *Tynan.*

vo. Esso consiste di un anello basale con spine radiali originantesi a gli angoli dell'anello basale, che presenta da tre a dieci lati, di una struttura apicale e di spine accessorie. L'ornamentazione, che può essere assai pronunciata, consiste di solchi e di granulazioni.

Nella fig. 35 è indicata la nomenclatura usata per lo scheletro delle Silicoflagellate. Queste Alghe microscopiche furono scambia te in passato con altri microfossili planctonici: **Ehrenberg** descrisse alcune forme, provenienti dal Miocene della Sicilia, considerandole co me Diatomee. Altri, fra cui **Haeckel** le riferirono ai Radiolari. Ma osservazioni sulle forme viventi misero in evidenza la presenza dei flagelli e permisero di individuarne la posizione sistematica, che è appunto fra le Flagellate. I flagelli possono anche conservarsi fossili, in condizioni eccezionali.

Nelle Silicoflagellate sono attualmente distinte due famiglie con complessivamente una decina di generi.

Le Silicoflagellate si accompagnano generalmente alle Diatomee e ai Radiolari nei sedimenti pelagici, e sono abbastanza frequenti nel Terziario. Se ne conoscono però anche nel Cretaceo superiore. Le associazioni italiane meglio conosciute provengono dal «Tri

poli» della Sicilia.

c) Dinoflagellate

Le Dinoflagellate, come tanti altri organismi microscopici, furono scoperte e distinte per la prima volta da **Ehrenberg**. Sono caratterizzate dalla presenza di due flagelli, uno detto trasversale, che è disposto in un solco equatoriale ben visibile, l' altro detto longitudinale, che può essere più o meno ben sviluppato. La parete è formata da cellulosa, e può conservarsi allo stato fossile permettendo delle preparazioni molto interessanti. I gusci risultano spesso formati da piastre angolose (vedi fig. 36).

Le Dinoflagellate fanno parte attualmente del plancton marino, ma vi sono forme che vivono in acque dolci. Si conoscono alcune decine di generi fossili, diffusi dal Cretaceo al Recente. Questi microfossili si incontrano con una certa frequenza nelle selci, specialmente del Terziario.

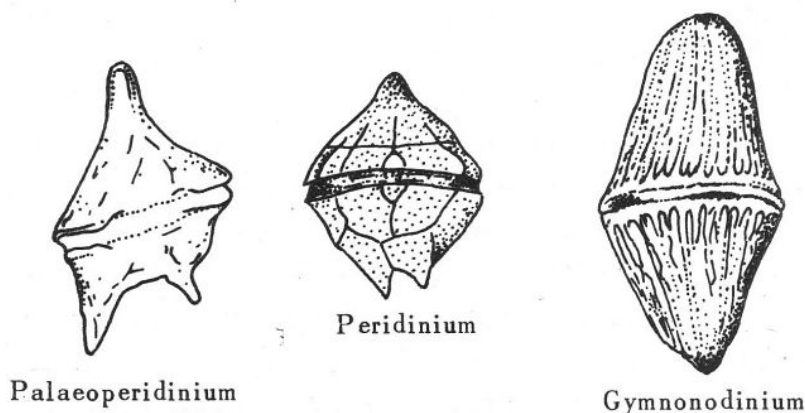



Fig. 36 - Tipi di *Dinoflagellate* fossili. Da *Moret.*

d) Histricosphaeridi

Questo gruppo di organismi considerato di incerta posizione sistematica viene riaccostato da alcuni dalle Dinoflagellate. Secondo **Elvitt** (1963) le forme post-paleozoiche rappresenterebbero delle cisti di Dinoflagellate, mentre solo le forme paleozoiche sarebbero di incerta posizione sistematica. Si tratta di forme conosciute solo allo stato fossile, presumibilmente planctoniche, che devono il loro nome all' aspetto particolarmente ispido che presenta il loro guscio, costituito da una parte centrale più o meno regolarmente sferica, circondata da numerose spine aciculari, tubolari o ramificate (v. figg. 37 e 38).

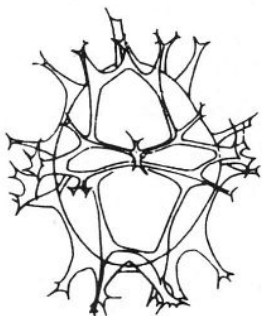



Fig. 37 - Disegno alla camera lucida di *Histrichosphaera* sp., proveniente dalla formazione Vincentown (Eocene inferiore) del New Jersey, x 700 circa. Da *Evitt* 1963.

Il guscio, in origine forse chitinoso, si presenta generalmente siliceo, ed è molto resistente agli acidi. Questo permette di isolare questi minutissimi e delicati microfossili dalle rocce nelle quali sono contenuti. Le Histricosphaeride sono fossili molto antichi; la massima parte delle forme conosciute proviene dal Paleozoico, specialmente del nord-Europa.

Recentemente (1963) **Downie, Evitt e Sarjeant** hanno proposto che il termine «Histrichosphera» sia limitato soltanto alle forme che hanno dei rapporti probabili con le Dinoflagellate, e che i generi di in

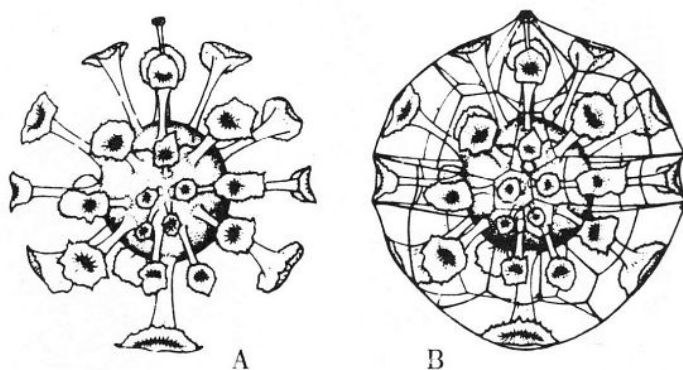



Fig. 38 - *Hystrichosphaeridium tubiferum* (Ehrenberg) della formazione Redbank (Maastrichtiano) del New Jersey, X 500 c.
A = ricostruzione del guscio in veduta ventrale. B = supposti rapporti fra il guscio e la teca che originariamente lo circondava. Da *Evitt* 1963.

certa affinità vengano chiamati « acritarchi ». Il gruppo degli Acritarchi è considerato di incerta posizione sistematica e viene suddiviso in Sottogruppi ed Infragruppi formali, seguendo le regole di nomenclatura del codice internazionale in uso per la Botanica.

e) Diatomee

Le Diatomee (fig. 39) sono alghe microscopiche unicellulari con scheletro siliceo.

Si conoscono Diatomee di habitat marino ed altre che vivono nelle acque dolci; in entrambi i casi si tratta di forme che vivono galleggiando alla superficie o a diversa profondità. Il guscio delle Diatomee, detto frustolo, è costituito da due valve appiattite che si chiudono come una piccola scatola con coperchio; queste valve sono estremamente esili e la loro ornamentazione (costituita da granulazioni, rilievi, perforazioni, spine, ecc.) è molto sottile e minuta. La forma dei gusci è estremamente variata; si conoscono forme discoidali *(Coscinodiscus)*,

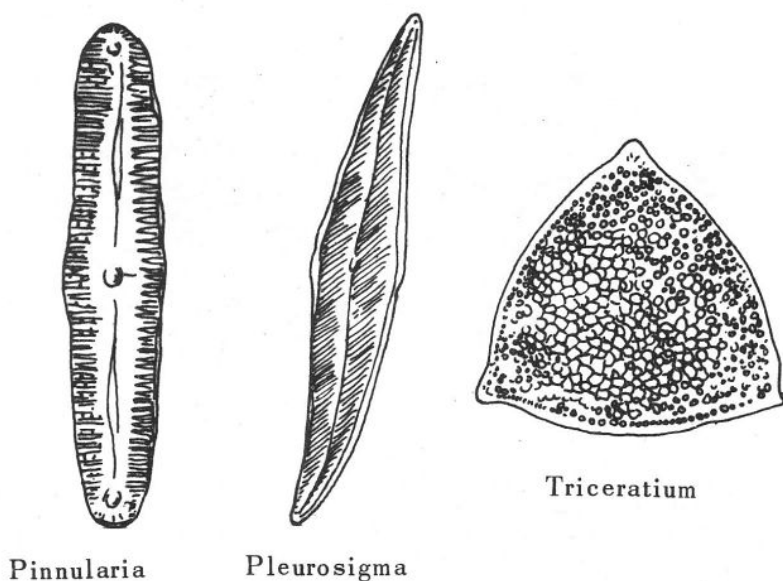



Fig. 39 - Tipi di *Diatomee.*

ellittiche *(Pinnularia)*, triangolari *(Triceratium)*, rettangolari *(Chaetoceras)*, rombiche *(Navicula)*, sigmoidali *(Pleurosigma)* ecc. La classificazione delle Diatomee è basata sulla forma del guscio e, secondariamente, sulla sua ornamentazione. Si conoscono più di 7.000 specie di Diatomee, in gran parte viventi, in parte minore fossili.

Fra le forme più antiche sono quelle con guscio discoidale *(Coscinodiscus)*, ritrovate in sedimenti del Cretaceo Inferiore e del Giurassico. Benchè siano stati segnalati talvolta ritrovamenti di Diatomee in terreni molto antichi, pure è opinione dei più valenti studiosi che esse non si ritrovino anteriormente al Lias (periodo Giurassico).

Le Diatomee sono diffuse attualmente a tutte le latitudini, sia nei mari, sia nei bacini di acque dolci; particolarmente abbondanti i depositi a Diatomee nei mari freddi (regioni subpolari), dove i fanghi a Diatomee sostituiscono quelli a Globigerine, caratteristici delle zone temperate e di quelle calde.

Le Diatomee fossili sono contenute in rocce ad elevato contenuto siliceo quali scisti silicei, marne silicee ecc. Quando il loro numero è estremamente grande, possono dar luogo a vere rocce organogene, chiamate *diatomiti*. In Italia si conoscono diatomiti sedimentate in ambiente marino (la formazione del «*Tripoli*» della serie evaporitica messiniana della Sicilia) ed altre di sedimentazione continentale (la «farina fossile» di Santa Fiora, nel monte Amiata).

B) ALGHE CALCAREE

Le Alghe calcaree vengono chiamate così poichè contengono delle alte concentrazioni di carbonato di calcio, che esse secernono a poco a poco: si forma una specie di ossatura calcarea che ripete più o meno fedelmente la struttura del loro tallo.

Le Alghe sono organismi acquatici la cui distribuzione è controllata da vari fattori i più importanti dei quali sono: la luce, la natura del fondo, la profondità, la salinità, la temperatura e inoltre la limpidezza e la circolazione dell'acqua.

Vi sono alghe che vivono in acque marine ed alghe che vivono in acque salmastre o dolci: vi sono alghe adatte a climi caldi (è il caso più frequente), altre a quelli freddi; alcune si sviluppano attaccate al substrato roccioso, altre preferiscono i fondali sabbiosi o limosi. In ogni caso però esse hanno bisogno di molta luce e di acqua limpida e mossa. Si sviluppano perciò nella zona littorale e sublittorale, a profondità molto ridotte e comunque non superiori ai 100 m (limite estremo).

Le alghe calcaree hanno grande importanza geologica sia dal punto di vista stratigrafico, sia da quello litogenetico.

Per le Dasycladaceae gli stessi generi hanno valore cronolo-

gico, specialmente nel Trias; fra le Corallinaceae e le Codiaceae vi sono specie di alto valore stratigrafico, come risulta sempre più evidente dalle ricerche condotte recentemente su questi gruppi. Se a questo si aggiunge il fatto che tali specie hanno a volte un'ampia diffusione geografica, si può comprendere l'importanza di queste alghe anche per le correlazioni e le ricostruzioni paleogeografiche.

Come costruttori di rocce le alghe possono contribuire alla formazione di intere scogliere, a volte in modo preminente rispetto agli stessi Madreporari. Si conoscono inoltre grandi masse calcaree a Stromatoliti, calcari a *Collenia*, a *Criptozoon*, a Girvanelle diffusi soprattutto nel Precambriano e nel Paleozoico inferiore. In Italia sono assai note le dolomie triassiche a Diplopore delle Dolomiti, i calcari a Diplopore della formazione di Esino, i calcari a *Lithothamnium* del Nummulitico veneto ecc.

Classificazione delle Alghe calcaree

Una prima suddivisione generale delle Alghe calcaree è basata sui pigmenti presenti nella pianta vivente: vengono poi presi in considerazione forma e dimensioni del tallo, caratteri strutturali dei tessuti, tallo unicellulare o pluricellulare, funzione dei vari organi, caratteri degli organi riproduttivi, modalità con cui viene secreto lo scheletro ecc.

Naturalmente gli elementi che si hanno a disposizione per lo studio delle Alghe attuali sono più numerosi e vari di quelli su cui si basa lo studio delle Alghe calcaree fossili, delle quali si conserva solo lo scheletro. Pertanto quanto più antiche sono le forme studiate, tanto maggiori saranno le difficoltà per ricollegarle a forme meglio conosciute, e tanto più artificiale risulterà la classificazione.

Per le Alghe fossili rosse e verdi la classificazione usata è sostanzialmente quella adottata per le forme attuali, anche se molti generi e specie sono oggi estinti. Per le Alghe inferiori invece (es. Cianophyceae) si sono creati dei raggruppamenti alquanto arbitrari e artificiali poichè la massima parte di esse sono estinte, ed anche per l'insufficienza di elementi di osservazione che permettessero di ricollegarle a forme meglio conosciute.

Nella seguente tabella sono indicate le più importanti suddivisioni di alghe fossili ed i generi più rappresentativi; tale schema si basa sulla classificazione proposta da **Papenfuss** nel 1955 e adottata poi da **Johnson** e, con qualche modifica, da **Maslov** nei loro più recenti lavori.

Descriveremo ora le principali famiglie, indicando per ciascuna quali sono i caratteri morfologici e strutturali più salienti, e quali i criteri seguiti per lo studio tassonomico.

Corallinaceae

La famiglia delle Corallinaceae, che inizia nel tardo Mesozoico, comprende le Alghe rosse calcaree terziarie e recenti. Durante il Paleozoico ed il Mesozoico esistevano altre due importanti famiglie appartenenti alla classe delle Rhodophyceae, le Solenoporaceae e le Gymnocodiaceae. Entrambe queste famiglie cominciarono a declinare nella parte alta del Mesozoico e al loro posto si svilupparono le Corallinaceae. Durante tutto il Terziario tale famiglia fu molto importante sia per la grande espansione di queste Alghe, che ebbero spesso importanza litogenetica, sia per la varietà delle associazioni.

Attualmente le specie appartenenti a questa famiglia si trovano in tutti i mari e a tutte le latitudini. La maggior parte dei generi e

Phylum	Classe	Famiglia	Sottofamiglia	Genere
Rhodophycophyta (alghe rosse)	Rhodophyceae	Corallinaceae	Melobesiae	Archaeolithothamnium Distichoplax Goniolithon Lithophyllum Lithoporella Lithothamnium Melobesia Mesophyllum Porolithon Tenarea
			Corallinae	Amphiroa Arthrocardia Corallina Jania
		Solenopo-raceae		Parachaetetes Pseudochaetetes Pseudolithothamnium Pycnoporidium Solenopora Solenoporella
		Gymnoco-diaceae		Gymmocodium Permocalculus
Chlorophycophyta (alghe verdi)	Chlorophyceae	Codiaceae		Bevocastria Boueina Cayeuxia Garwoodia (=Mitcheldeania) Halimeda Hedstroemia Microcodium Ortonella Ovulites Palaeocodium Paleoporella Succodium
↓ *continua*	↓	Dasyclada-ceae (Siphonee verticillatae)		Acetabularia Acicularia Anthracoporella ↓

Phylum	Classe	Famiglia	Sottofamiglia (Sezione)	Genere
↓ Chlorophycophyta (alghe verdi)	↓ Chlorophyceae	↓ Dasycladaceae (Siphonee verticillatae)		Coelosphaeridium Clypeina Cylindroporella Cymopolia Dasycladus Diplopora Gyroporella Macroporella Mizzia Munieria Neomeris Oligoporella Palaeodasycladus Petrascula Physoporella Rhabdoporella Salpingoporella Teutloporella Thaumatoporella Vermiporella
Charophycophyta	Charophyceae	Characeae		
Schizophyta (alghe azzurre-verdi)	Schizophyceae (Cianoficeae)		Porostromata	Epiphyton Girvanella Sphaerocodium
			Spongiostromata	Collenia Cryptozoon Gouldina Spongiostroma Stromatoliti (?)

delle specie però vivono in acque temperate e tiepide, per quanto non manchino rappresentanti nei mari polari della Norvegia, dell'Islanda e della Groenlandia.

Molti generi e specie delle Corallinaceae sono ben calcificati; il carbonato di calcio si deposita lungo le pareti delle cellule in modo da riprodurre abbastanza fedelmente la struttura della pianta.

Talli e frammenti di Corallinaceae sono molto abbondanti allo stato fossile; generalmente si tratta di talli di Melobesie e solo raramente di Coralline; le prime comprendono per lo più forme incrostanti subramose o ramose; le altre invece hanno un tallo esile e ramificato, costituito da numerosi articoli sovrapposti (vedi fig. 40).

Fig. 40 - Alghe Coralline. a = *Amphiroa;* b = *Corallina.* x 50.

Mentre le Coralline, a causa della loro fragile struttura, si trovano solo in forma di frammenti o articoli isolati in depositi di tipo clastico e organogeno, le Melobesie possono dar luogo a spalmature e incrostazioni superficiali su ciottoli o su disparati organismi fossili (Coralli, Briozoi ecc.), oppure costituire masserelle nodulari di forma e dimensioni svariatissime.

Metodi di studio e caratteri diagnostici

Mentre anticamente i ricercatori si servivano, per la descrizione delle Alghe rosse, solo dei caratteri morfologici e morfometrici esterni, attualmente lo studio delle Corallinaceae è essenzialmente impostato sull'esame microscopico delle cellule e dei caratteri anatomici; la forma esterna infatti è suscettibile di notevole variabilità in rapporto all'età e alle condizioni ambientali; ad essa si può attribuire un certo valore diagnostico solo per le forme viventi.

a) L'esame istologico prende in considerazione la forma e le dimensioni delle cellule, i rapporti relativi di posizione e di associazione di queste nel dar luogo agli elementi strutturali (file, serie, reticoli, aggruppamenti cellulari) e infine l'organizzazione di questi nella costituzione di un tessuto, ossia la disposizione e struttura in senso stretto.

b) L'esame anatomico studia la natura, la forma, le dimensioni, le funzioni dei vari tessuti differenziati (ipotallo, peritallo, tessuti midollari e corticali) e degli organi riproduttori.

Per una diagnosi rigorosa è necessario tener conto di tutti questi elementi.

Il materiale per lo studio delle Corallinaceae consiste in sezioni sottili generalmente non orientate. Le associazioni sono spesso

molto ricche ed è possibile avere a disposizione diversi esemplari va
riamente orientati, appartenenti a una medesima specie, nello stesso
preparato; si cercano talli sezionati il più vicino possibile alla sezio
ne longitudinale, e su di essi vengono effettuate varie misurazioni. O-
gni osservazione fatta direttamente su un preparato sottile deve esse
re opportunamente interpretata, affinchè le misure che si assumono coi
rispondano il più possibile a quelle effettive.

La distinzione fra i vari generi è basata sul tipo e la struttura
dell'ipotallo e del peritallo e sulla struttura, dimensione e disposizio
ne dei concettacoli.

La distinzione fra varie specie di uno stesso genere si basa
invece sulle dimensioni delle cellule, la misura e la forma dei concet
tacoli e le particolarità della tessitura e della struttura del tessuto.

Vengono ora presi in considerazione, separatamente, gli ele-
menti essenziali ed accessori del tallo delle Corallinaceae.

Cellule. La forma delle cellule può essere: parallelepipeda, cilindri-
ca, a botte, poligonale, sferica e falciforme. Naturalmente per ricono-
scere la forma effettiva delle cellule di un determinato tessuto si do-
vrà tener conto dell'orientamento della sezione.

Non tutti gli autori sono concordi circa l'importanza da annet-
tere alla forma delle cellule. **Conti** ritiene scarso il loro significato
tassonomico poichè la forma delle cellule varia in funzione dell'età e
della posizione del tallo, mentre **Maslov** considera che, nonostante va
riazioni ed anomalie, la forma delle cellule è tuttavia caratteristica
per varie specie.

Per quanto riguarda le dimensioni delle cellule, esse oscilla-
no entro limiti assai ampi nelle varie specie, mentre in una stessa spe
cie presentano valori relativamente costanti. Le misure raggiungono
valori molto elevati nelle Coralline (da 100 a 200 micron di altezza),

mentre nelle Melobesie variano da valori bassi (5 - 10 micron) sino a valori altissimi (100 - 200 micron); la media però oscilla fra i 10 e i 30 micron di altezza, fra gli 8 e i 10 micron di larghezza. Le misure cellulari rappresentano un effettivo elemento diagnostico specifico quando presentano valori alquanto diversi dalla media comune.

Le cellule del tessuto possono essere disposte in file o in serie. Se in una successione di cellule i setti longitudinali sono disposti nel senso dell'allungamento si ha una disposizione in file; se invece tali setti sono disposti perpendicolarmente alla direzione della successione, si ha una disposizione in serie. Se le due disposizioni sono contemporaneamente presenti si ha una struttura a grata (v.fig.41).

Molto spesso i setti che separano le cellule hanno andamento irregolare; inoltre le file e le serie possono presentare frequenti sdoppiamenti.

La disposizione prevalente in file, in serie o a grata di un determinato tipo di tessuto costituisce un importante carattere tassonico di valore generico.

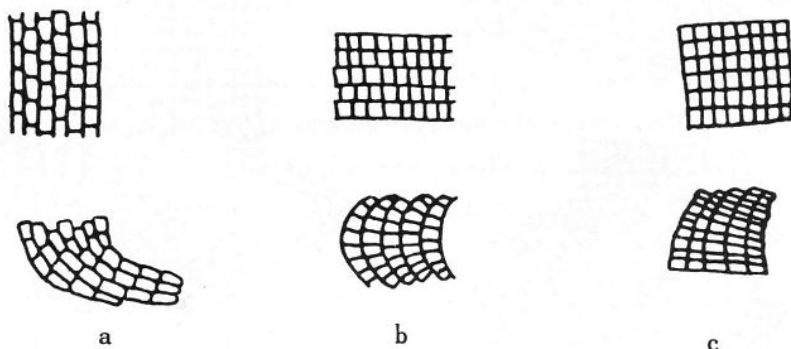



Fig. 41 - Struttura dei tessuti delle Corallinaceae. a) in file; b) in serie; c) a grata. Da *Conti* 1950.

Tallo. Il tallo si differenzia in **ipotallo** e **peritallo.**

a) **Ipotallo**

Si dintinguono un ipotallo basale, proprio delle forme crostose, che è costituito dalla parte primitiva del tallo, aderente al substrato, ed un ipotallo midollare, proprio delle forme ramose, che costituisce la parte centrale del ramo. Possono inoltre esistere degli ipotalli secondari interposti nel tessuto e dovuti a particolarità della crescita o a fenomeni accidentali.

Gli elementi dell'ipotallo che vengono presi in considerazione sono il suo spessore ed il suo sviluppo in rapporto agli altri tessuti, la disposizione delle cellule, la continuità, la lunghezza e la curvatura delle file e delle serie e la presenza o meno di una zonatura.

L'ipotallo basale è quello che presenta maggiore interesse; in base agli elementi sopra nominati esso si distingue in:

1) **ipotallo semplice:** consiste di grandi cellule, disposte in fila dap-

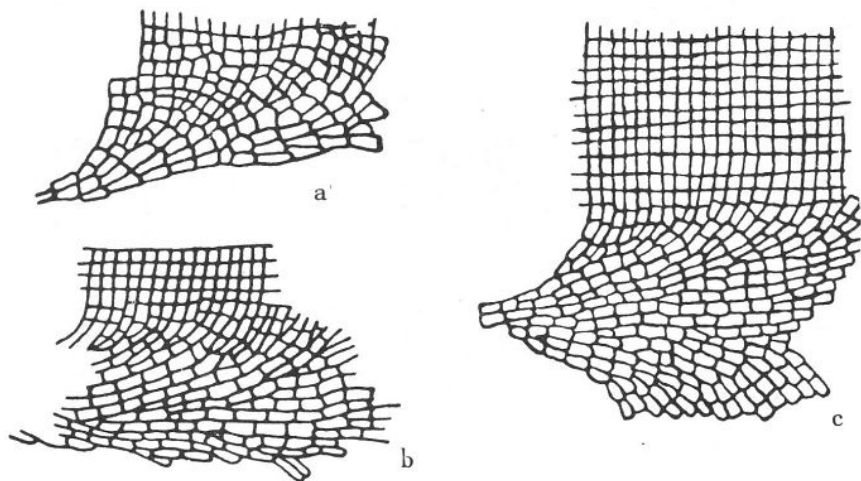



Fig. 42 - Ipotalli di tipo *Lithothamnium* e relativo passaggio a peritallo. Da *Conti* 1950.

prima orizzontali e quindi ricurve verso l'alto (tipo *Lithothamnium*, vedi fig. 42 a).

2) **ipotallo coassiale:** consiste di serie arcuate di cellule. Tali serie sono disposte più o meno concentricamente e in prevalenza sono trasversali rispetto all'allungamento dell'ipotallo (tipo *Lithophyl lum*, vedi fig. 43).

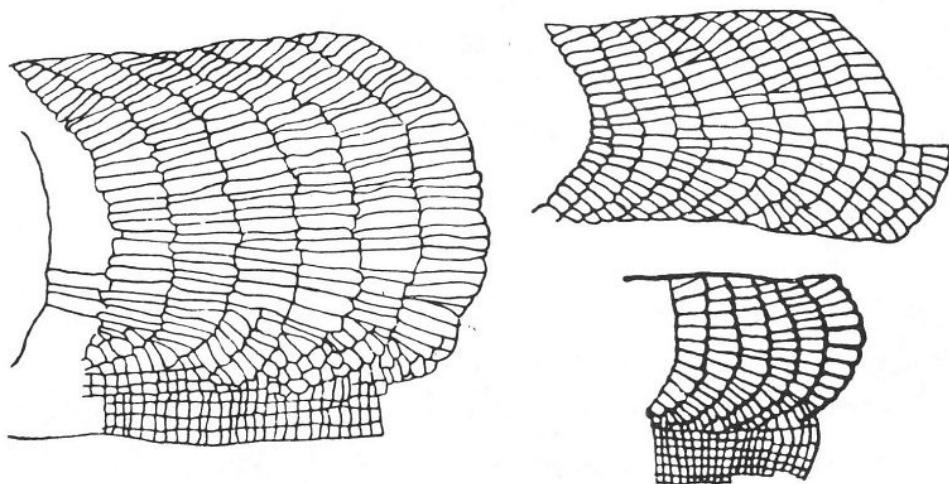



Fig. 43 - Ipotalli di tipo *Lithophyllum* e relativi passaggi a peritallo. Da *Conti* 1950.

3) **ipotallo piumoso:** consiste in uno spesso tessuto in cui le file di cellule partendo dal centro si curvano sia verso l'alto, sia verso il basso riproducendo in sezione verticale la struttura di una piuma (tipo *Lithothamnium*, ecc. vedi fig. 42 b e c).

b) Peritallo

Nelle forme crostose è il tessuto sovrapposto all'ipotallo dal quale si origina per ulteriore sviluppo di file e serie cellulari. Nelle forme ramose avvolge a guisa di manicotto il tessuto midollare.

La differenziazione strutturale tra peritallo ed ipotallo è quasi sempre ben evidente sebbene il passaggio dall'uno all'altro possa essere graduale.

Nello studio del peritallo vengono esaminati il suo spessore, l'ordinamento e la morfometria delle cellule, la continuità delle file e delle serie, l'uniformità sia strutturale sia dimensionale, la presenza di tessuti di transizione e l'eventuale zonatura.

Come primo elemento orientativo valgono le seguenti norme:

1. Cellule disposte esclusivamente o prevalentemente in file.
Zonatura presente. . . . . gen. *Lithothamnium*
2. Cellule disposte esclusivamente o prevalentemente in serie, spesso a grata.
Zonature presente. . . . . gen. *Mesophyllum*
3. Cellule disposte esclusivamente o prevalentemente in serie.
Zonatura assente . . . . gen. *Lithophyllum*
4. Cellule ordinate a grata
Zonatura assente . . . . gen. *Archaeolithothamnium*.

Organi riproduttori

Hanno importanza determinante nello studio delle Melobesie, mentre non hanno ancora potuto essere osservati allo stato fossile nelle Coralline.

Essi consistono in cavità di forma tondeggiante o ellittica situati, nelle specie crostose, nel peritallo o più raramente nella zona di transizione fra ipotallo e peritallo; nelle specie ramose possono trovarsi anche nel tessuto midollare o nel peritallo dei rami.

Dato che il processo riproduttivo delle Corallinaceae può essere asessuato o sessuato, vi sono due tipi di organi riproduttori non molto facilmente distinguibili fra loro e che possono trovarsi anche in uno stesso individuo.

a) gli organi della riproduzione asessuata, che è di gran lunga la più frequente, vengono detti **concettacoli a sporangi** se contengono un certo numero di **spore** variamente raggruppate (v. *Lithothamnium*, fig. 44-I); **ricettacoli** o semplicemente **sporangi** se la cavità è atta a

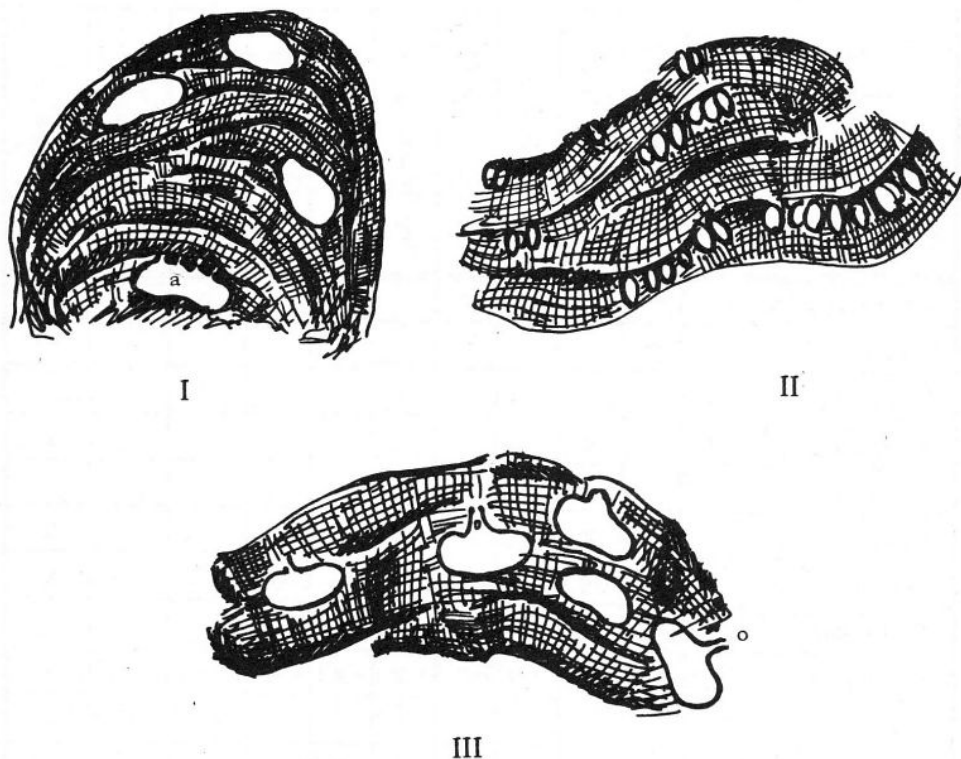



Fig. 44 - Organi di riproduzione delle Corallinaceae.
I. Concettacoli a sporangi (a = concettacolo poliporico); II. Sporangi; III. Concettacoli a cistocarpi (o = ostiolo)

contenere una sola spora (v.*Archaeolithothamnium*, fig. 44-II).

b) gli organi della riproduzione sessuata vengono detti **concettacoli ad anteridi** (maschili) e **concettacoli a cistocarpi** (femminili), vedi fig. 44-III.

Spesso gli sporangi sono muniti di uno (**monoporici**) o più fori (**poliporici**) situati nel tetto per l'uscita delle spore; i concettacoli a cistocarpi sono invece muniti per lo più di un lungo collo situato nella parte superiore e chiamato **ostiolo.**

	Structural Features									
Genus	Hypothallus, Type 1	Hypothallus, Type 2	Hypothallus, Type 3	Perithallus, Type 1	Perithallus, Type 2	Megacells absent	Megacells present	Sporangia not in conceptacles	Conceptacles with numerous apertures	Conceptacles with a single aperture
Archaeolithothamnium	X			X		X		X		
Lithothamnium	X			X		X			X	
Mesophyllum		X			X	X			X	
Lithophyllum		X			X	X				X
Goniolithon		X			X		X			X
Porolithon		X			X		X			X
Paraporolithon		X			X		X			X
Lithoporella			X			X				X
Dermatolithon			X		X	X				X
Melobesia			X		X	X			X	
Tenarea	X			X		X				X

Fig. 45 - Caratteri diagnostici dei generi più comuni delle Melobesie. Da *Johnson* 1961.

Solenoporaceae

Questa famiglia è strettamente imparentata colle Coraliinaceae sia dal punto di vista della struttura sia forse anche da un punto di vista filogenetico. Alcuni infatti farebbero derivare le Corallinaceae dalle Solenoporaceae basandosi soprattutto sul fatto che le prime si sviluppano e si diffondono quando le ultime sono in declino o addirittura estinte.

Molte Solenoporaceae si sviluppano come masse nodulari arrotondate e più raramente come forme incrostanti.

La struttura del tessuto è molto simile a quella delle Corallinaceae; si possono notare tuttavia le seguenti fondamentali differenze:

a) generalmente il tallo delle Solenoporaceae non è differenziato in tessuto ipotallico e peritallico;
b) le cellule delle Solenoporaceae sono molto più larghe e soprattutto molto più lunghe di quelle delle Corallinaceae; inoltre in sezione trasversale esse si presentano per lo più poligonali e non circolari come invece si verifica più di frequente nelle Corallinaceae;
c) i setti trasversali sono assai poco sviluppati e talvolta addirittura assenti;
d) gli organi riproduttori sono mal conosciuti.

Durante il Paleozoico i rappresentanti di tale famiglia sono stati generalmente limitati sia per quanto riguarda la loro abbondanza sia per quanto riguarda la varietà delle forme. Il massimo sviluppo delle Solenoporaceae si ebbe invece durante il Mesozoico e soprattutto nel Giurassico; col Cretaceo comincia un rapido declino con conseguente estinzione di quasi tutte le specie, eccettuate alcune forme

che sopravvivono fino alla fine del Paleocene.

I criteri usati per la classificazione sono pressapoco gli stes-si che per le Corallinaceae.

I due generi più importanti sono *Solenopora*, con una evidente struttura delle cellule in file verticali o radiali (Cambriano-Cretaceo) e *Parachaetetes* con struttura a grata (Ordoviciano-Cretaceo).

Codiaceae

Il tallo delle Codiaceae è formato da molti tubicini cavi, generalmente ramificati, e riuniti assieme in modo più o meno compatto a costituire una forma ben definita per ogni genere.

Tutte le specie attuali sono marine e la maggior parte di esse

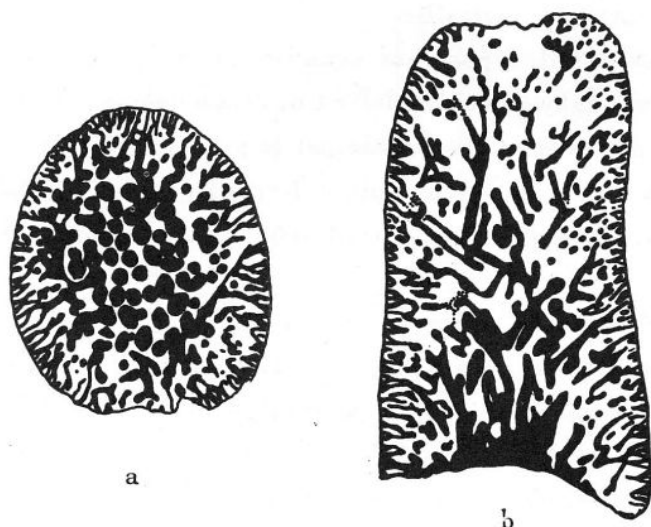
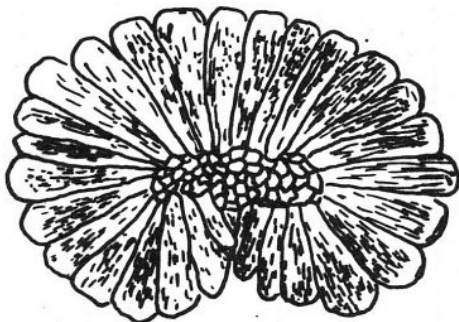



Fig. 46 - *Boueina hochstetteri* Toula del Cretaceo inferiore della Serbia. a = sezione trasversale; b = sezione longitudinale. Da *Pia* 1926.

vive in mari temperati; numerose osservazioni fanno ritenere che la stessa cosa si sia verificata anche in passato. Attualmente la famiglia è rappresentata da 16 generi e da circa 125 specie delle quali solo una piccola parte ha un tallo calcificato.

Fig. 47 - *Microdium elegans* Gluck, del Miocene di Baden, x 50. Da *Glück* 1912.

Le Codiaceae si conoscono fin dal Cambriano, ma cominciano ad assumere notevole importanza solo dall'Ordoviciano; esse presentano periodi di grande sviluppo tanto da acquistare anche importanza litogenetica. Calcari costituiti in gran parte dai loro resti fossili sono conosciuti nell'Ordoviciano, nel Siluriano, nel Devoniano, nel Carbonifero, nel Permiano, nel Giurassico e nel Cretaceo.

Fra i generi più rappresentati in Italia, appartenenti alle Codiaceae, ricordiamo *Boueina* (vedi fig.46), comune nei Calcari subrecifali del Lias, e *Microcodium*(vedi fig.47), comune alla sommità dei calcari a Rudiste del Cretaceo superiore.

Fig. 48 - Sezione longitudinale di *Halimeda.* Da *Gothan* e *Weyland.*

Durante il Terziario il genere più rappresentativo di tutta la famiglia è *Halimeda;* esso pare abbia avuto una notevole importanza litogenetica, sviluppandosi in condizioni ambientali favorevoli. E' molto simile a *Boueina,* come si può verificare osservando la fig. 48.

Per comodità di studio le Codiaceae fossili vengono divise in due gruppi in base

GRUPPO I: talli crostosi o nodulari formati da filamenti ramificati strettamente ravvicinati				
GENERE	TIPO DI RAMIFICAZIONE	DIAMETRO TUBI		DISTRIBUZIONE STRATIGRAFICA
		uniforme	variabile	
Bevocastria			+	Mississip.
Cayeuxia		+		Giurassico-Cret. inf.
Garwoodia		+		Mississip.-Trias
Hedstroemia		+		Ordovic.-Mississip.-
Ortonella		+		Siluriano-Pennsylv.-

Fig. 49 - Caratteri tassonomici delle Codiaceae (I).

GRUPPO II: talli eretti, comunemente segmentati				
GENERE	NON SEGMENTATO	SEGMENTATO	FORMA SEGM. O TALLO	DISTRIBUZIONE STRATIGRAFICA
Halimeda		+	appiattito, a foglia	Cretaceo sup.- Recente
Microcodium	?		da ovale a quasi cilindrico	Eocene-Miocene
Ovulites		+	ovale, tubolare, cavo	Eocene
Palaeocodium	+		globulare	Carbonifero inf.
Paleoporella		+	cilindrico, con estremità arrot.	Ordoviciano - Devoniano
Succodium		+	cilindrico, con estremità arrot.	Permiano sup.

Fig. 50 - Caratteri tassonomici delle Codiaceae (II).

alla forma di accrescimento. Si dintinguono così un gruppo contenente le forme crostose o nodulari composte da filamenti tubolari ramificate, più o meno strettamente stipati, ed un gruppo comprendente le forme con tallo eretto, ramificato e sovente articolato. In questo secondo gruppo i tubicini filamentosi sono poco ravvicinati; inoltre nella maggior parte dei casi essi sono piuttosto grandi e grossolanamente paralleli all'asse della pianta nella parte centrale del tallo, mentre vanno assottigliandosi e curvandosi verso la periferia in modo da presentarsi talvolta quasi perpendicolari alla superficie esterna.

Caratteri diagnostici

Lo studio delle Codiaceae fossili viene fatto in sezioni orientate, per lo più longitudinali.

a) Le forme appartenenti ai primi due gruppi sopracitati sono suddivise in generi in base al tipo di ramificazione dei tubicini e in specie a seconda della forma esterna della pianta, l'angolo di ramificazione e il diametro di ogni singolo tubicino.
b) Nel secondo gruppo le forme sono suddivise in generi diversi a seconda che il tallo sia o no segmentato e ramificato. Le specie vengono distinte per lo più in base alle dimensioni del tallo, dei segmenti e dei tubicini.

Dasycladaceae

Le Dasycladaceae sono dette anche Siphoneae verticillate: Siphoneae per la presenza di un tubo cavo o sifone nella parte centrale dello stelo; verticillate in quanto i rami primari sono generalmente di-

sposti in giri regolari (verticilli) e si irraggiano dal canale centrale come i raggi di una ruota.

Il **Pia** definisce le Dasycladaceae nel modo seguente:

«Le Siphoneae verticillate sono delle Alghe verdi marine, a cellule plurinucleate. Il tallo comprende sempre una cellula assiale (= canale centrale) da cui si diramano in ogni direzione dei rami verticillati sviluppati in modo omogeneo; tale cellula è fissata al substrato mediante una radice. La riproduzione avviene mediante gameti; non si conoscono infatti spore asessuate. La membrana (che circonda la cellula assiale) è quasi sempre più o meno incrostata di calcare.».

Allo stato fossile si trovano frammenti dello stelo e dei rami: la loro forma è in genere quella di piccoli cilindri o sfere, talvolta ulteriormente suddivisi in piccoli dischi o chicchi. Le Dasycladaceae fossili presentano grande variabilità nelle dimensioni: se ne conoscono infatti alcune più piccole di una capocchia di spillo ed altre con lunghezza superiore a 40 cm.

Il tipo di struttura dello scheletro ed il fatto che esso sia più o meno calcificato dipendono naturalmente dal modo in cui procede la calcificazione e dall'ambiente in cui essa si è svolta.

Le Dasycladaceae viventi si trovano per lo più a profondità che variano dal livello di bassa marea fino a 10-12 m; si sviluppano però maggiormente tra il livello di bassa marea e i 5-6 m di profondità.

Questa famiglia di Alghe verdi è esclusivamente marina e limitata alle regioni tropicali e temperate-calde.

Le Dasycladaceae hanno un'ampia distribuzione stratigrafica in quanto si estendono dal Cambriano all'Attuale. Esse sembrano aver raggiunto il loro massimo sviluppo durante il Trias superiore ed il Giurassico, periodo in cui alcune forme presentano le strutture più complesse che si conoscano in tutta la famiglia. Nel Trias e nel Giura le

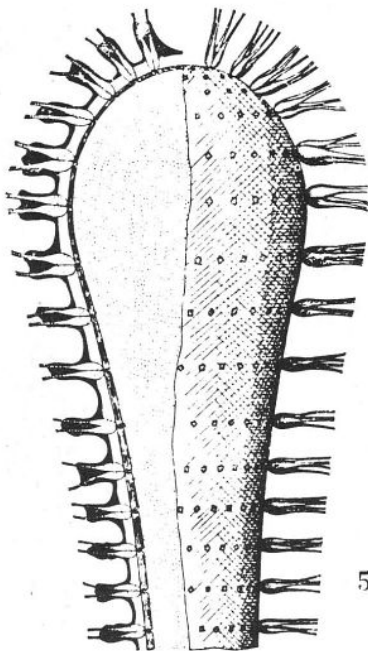
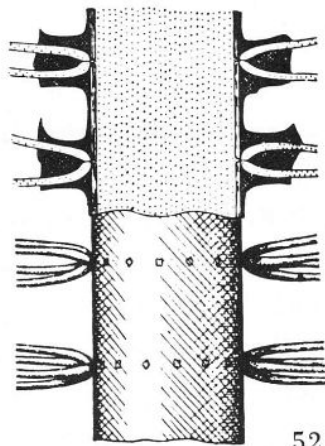
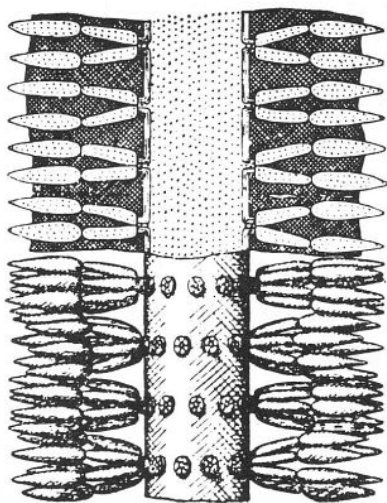
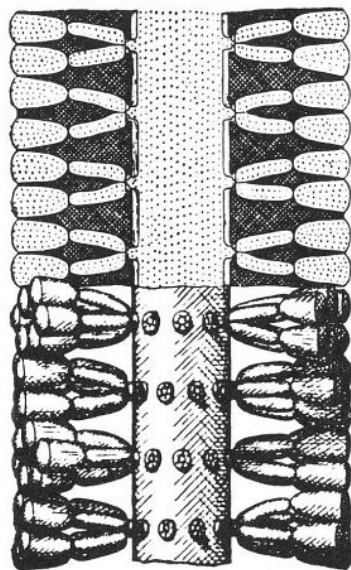



Fig. 51 - Ricostruzione di *Diplopora clavaeformis* Pia.
Fig. 52 - Ricostruzione di *Diplopora uniserialis* Pia.
Fig. 53 - Ricostruzione di *Diplopora exaster* Pia.
Fig. 54 - Ricostruzione di *Diplopora helvetica* Pia.
Tutte le Alghe figurate sono triassiche. Da *Pia* 1920.

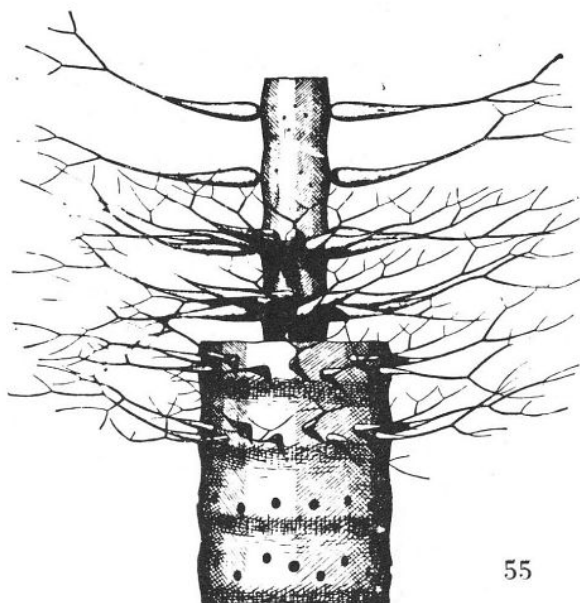
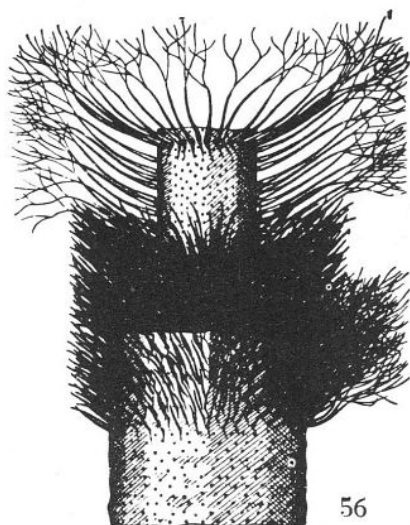
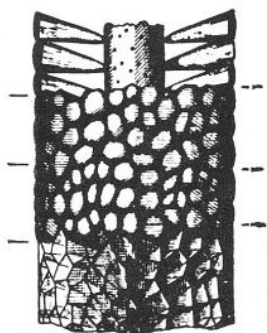
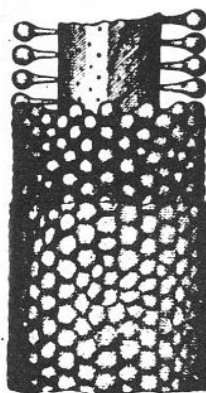
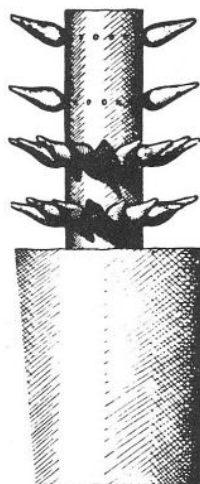



Fig. 55 - *Oligoporella pilosa* Pia, del Trias medio delle Dinaridi, x 10.

Fig. 56 - *Teutloporella herculea* Stoppani, del Trias medio delle Alpi Orientali, x 5.

Fig. 57 - *Macroporella dinarica* Pia, del Trias medio delle Dinaridi, x 25.

Fig. 58 - *Gyroporella vesiculifera* Gümbel, del Trias superiore delle Alpi Meridionali, x 8.

Fig. 59 - *Physoporella pauciforata* Gümbel, del Trias medio delle Alpi Orientali, x 12.

Tutte le figure rappresentano delle ricostruzioni. Da *Diener* 1925.

Dayscladaceae sono rappresentate dal maggior numero di generi e di specie e raggiungono le loro massime dimensioni. A cominciare dal Giurassico ha inizio il lento declino di queste Alghe sia per quanto ri guarda la varietà delle associazioni, sia per il numero degli esemplari; in alcuni generi si nota anche una progressiva semplificazione della struttura. Attualmente si conoscono solo 10 generi viventi appartenenti a questa famiglia, con pochissime specie.

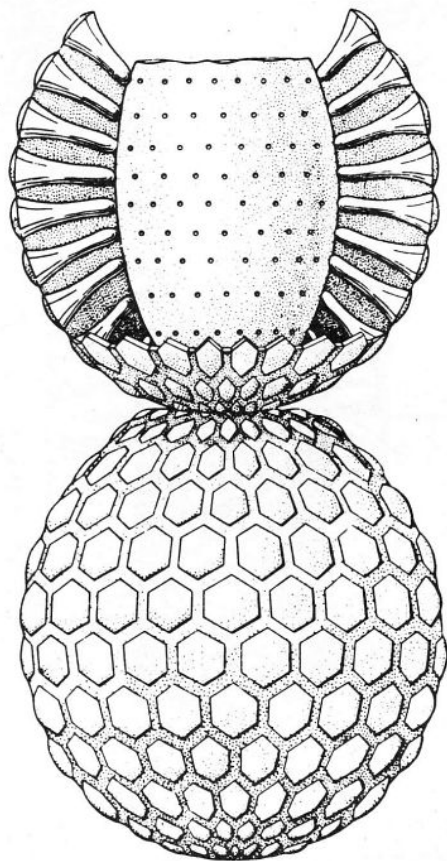



Fig. 60 - Ricostruzione di *Mizzia velebitana* Schub. Da *Rezak* 1958.

Parti del tallo

Gli elementi essenziali del tallo che vengono presi in considerazione per la determinazione dei generi e delle specie sono:

Forma esterna

Il tallo può essere:

a) cilindrico continuo (es. *Gyroporella* , vedi fig.58),o annulato, cioè diviso in articoli (es. *Diplopora annulata*, vedi fig.66),
b) a clava (*Diplopora clavaeformis*, *Petrascula*, vedi fig. 51),
c) globoso (es. *Coelosphaeridium*),
d) a collana di perle (es. *Mizzia*, vedi fig. 61),
e) ombrelliforme (*Acicularia*, *Acetabularia*).

Cellula assiale

E' il canale che costituisce la parte centrale del tallo; semplice,se il tallo è semplice, ramificato se il tallo è ramificato. Esso può presentare delle ondulazioni in corrispondenza dei verticilli, ma il caso è raro.

Nelle forme più antiche ha generalmente grandi dimensioni perchè all'origine fungeva anche da sporangio; nelle forme più recenti e specializzate il suo diametro si riduce notevolmente.

Rami verticillati

I rami possono essere semplici o ulteriormente ramificati; si distinguono così rami di primo, secondo e terzo ordine.

Per quanto riguarda la forma si distinguono due tipi principali:

1) tipo **floioforo** - a) **semplice**: i rami, dapprima sottili, vanno allargandosi verso l'esterno in maniera regolare e continua (es. *Mizzia, Macroporella*, vedi fig.60 e 57),

b) **vesciculifero**: se i rami sono formati da uno stelo sottile e terminano all'esterno con un'ampolla a forma di vescica (es. *Gyroporella*, vedi fig.58).

2) tipo **tricoforo** - a) **semplice**: i rami vanno restringendosi verso la superficie esterna in modo lento e graduale e restano aperti all'esterno (es. *Teutloporella*, vedi fig. 56),

b) **pirifero**: rami tozzi il cui diametro, molto grande in prossimità del canale centrale, va rapidamente diminuendo; essi hanno l'estremità esterna arrotondata (es. *Physoporella*, vedi fig. 59).

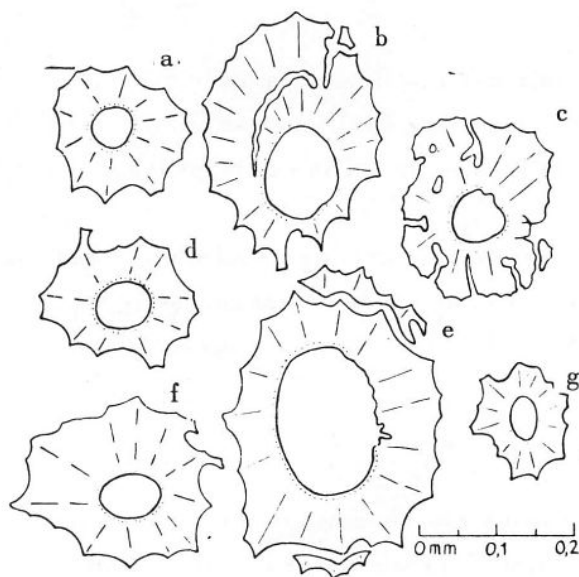



Fig. 61 - *Clypeina parvula* Carozzi. Sezioni trasversali. Da *Carozzi* 1955.

Per quanto riguarda la disposizione dei rami, distinguiamo tre tipi principali:

1) **aspondilo,** quando non sono ordinati in verticilli (es. *Gyroporella*, vedi fig. 58),
2) **euspondilo,** quando sono disposti in verticilli (*Oligoporella, Physoporella, Clypeina*, vedi figg. 61, 62),
3) **metaspondilo,** quando, oltre ad essere disposti in verticilli, presentano un ciuffetto di rami al posto di singoli rami (es. *Diplopora*, vedi figg. 51-54).

Scheletro

Lo scheletro propriamente detto è formato da una specie di manicotto calcareo cavo, secreto dal tallo; esso circonda la cellula assiale di cui per lo più ripete la forma; può essere dunque cilindrico, claviforme, globoso ecc.; la massa di calcare si presenta tutta bucherellata dai pori che rappresentano le tracce dei rami che lo attraversavano; essa inoltre può essere omogenea o presentare delle fessure, delle lacune o addirittura una struttura spugnosa.

Fig. 62 - *Clypeina marginoporella* Mich. Ricostruzione, x 15, Eocene del bacino di Parigi. Da *Morellet* 1918.

Lo scheletro può essere continuo (vedi figg. 54-60) oppure articolato (figg. 53,62,63,66 e 67); in questo ultimo caso si distingue un'articolazione esterna, alla superficie esterna del tallo,

ed una interna, in corrispondenza del canale centrale.

Fig. 63 - Esempio di perannulazione in una sezione longitudinale di *Teutloporella nodosa* Schaf.

L'articolazione esterna può presentarsi sotto tre aspetti:

1) **fessurazione**: si ha quando nello scheletro sono presenti delle fessure orizzontali dovute presumibilmente ad una interruzione del deposito del calcare; lo scheletro risulta così spezzato in frammenti generalmente cilindrici, più o meno regolari, uniti tra loro da pilastri calcarei (es. *Physoporella pauciforata*);
2) **annulazione**: si ha quando lo scheletro è suddiviso regolarmente in anelli sovrapposti gli uni agli altri e separati da solchi annulari più o meno profondi (es. *Diplopora annulata*, vedi fig. 66);
3) **perannulazione**: articolazione del guscio combinata con particolare variazione ritmica (serie) dei verticilli (es. *Teutloporella nodosa*, vedi fig. 63).

Nella parte interna del guscio calcareo si può notare una annulazione più o meno accentuata (es. *Palaeodasycladus mediterraneus*, vedi fig. 64) chiamata **intusannulazione.**

Possono esistere infine alcune particolari strutture dello scheletro che costituiscono una specie di ornamentazione; tali sono dei piccoli coni calcarei posti allo sbocco dei rami sulla superficie esterna, delle costole radiali, degli ingrossamenti nodosi irregolari ed ancora infine una leggera ondulazione di tutto lo scheletro.

Tutti questi caratteri visti per ultimi costituiscono però elementi secondari nella determinazione delle Dasycladaceae.

Fig. 64 - Esempio di intusannulazione in *Palaeodasycladus mediterraneus* Pia (sezio ne longitudinale, x 30).

Organi di riproduzione

Si distinguono tre tipi fondamentali:

a) tipo **endosporo:** le spore si formano all'interno della cellula assiale che ha perciò dimensioni molto grandi. Appartengono a questo tipo tutte le specie paleozoiche, senza eccezione, e le forme più pri

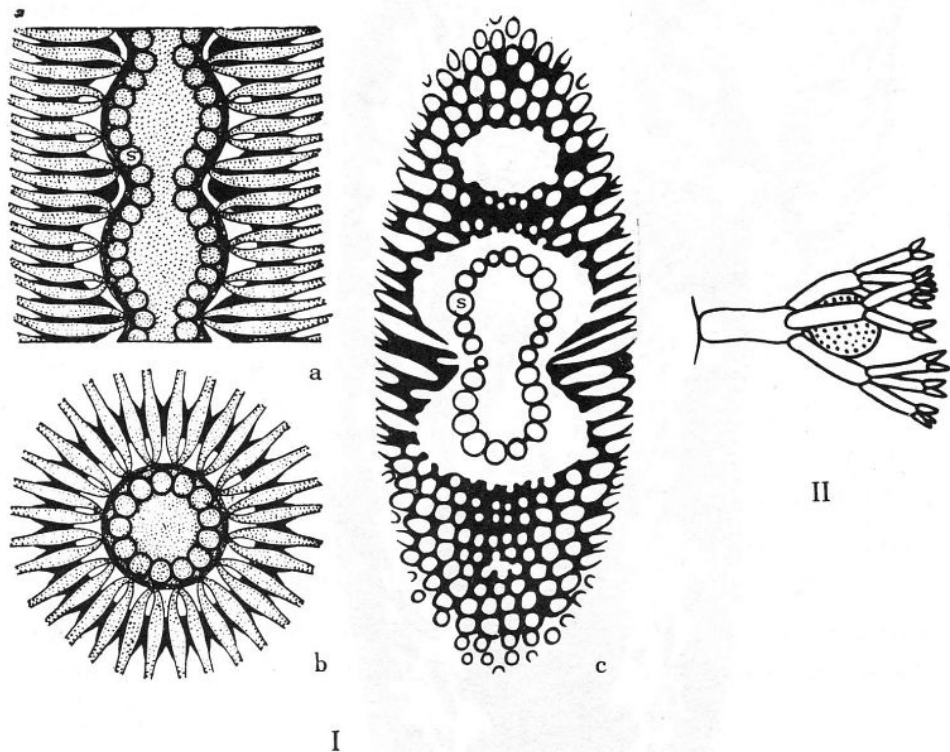



Fig. 65 - Organi di riproduzione delle Dasycladaceae. Da *Pia* 1920 e 1927. I. Tipo endosporo, osservato in *Diplopora phanerospora* Pia. a = sezione longitudinale schematica; b = sezione trasversale schematica; c = sezione obliqua; s = spora. II. Tipo choristosporo, osservato in *Dasycladus*.

mitive di *Macroporella, Teutloporella, Oligoporella*, vedi fig. 65-I.

b) tipo **cladosporo:** le spore si formano nei rami verticillati di primo ordine; tali rami possono servire contemporaneamente anche per la assimilazione oppure avere unicamente funzione riproduttiva (es. *Gyroporella, Physoporella,* alcune specie di *Diplopora, Petrascula, Palaeodasycladus*).

c) tipo **choristosporo:** la formazione delle spore ha luogo in sporangi

particolari isolati che si formano lateralmente o alle estremità esterne dei rami verticillati; a questo tipo appartengono senza eccezione tutte le Dasycladaceae recenti (es. *Dasycladus*, *Neomeris*, *Cymopolia* ecc. vedi fig. 65-II).

METODI DI STUDIO

Lo studio delle Dasycladaceae viene fatto su campioni isolati ma soprattutto su sezioni sottili orientate; di ogni forma bisogna cono

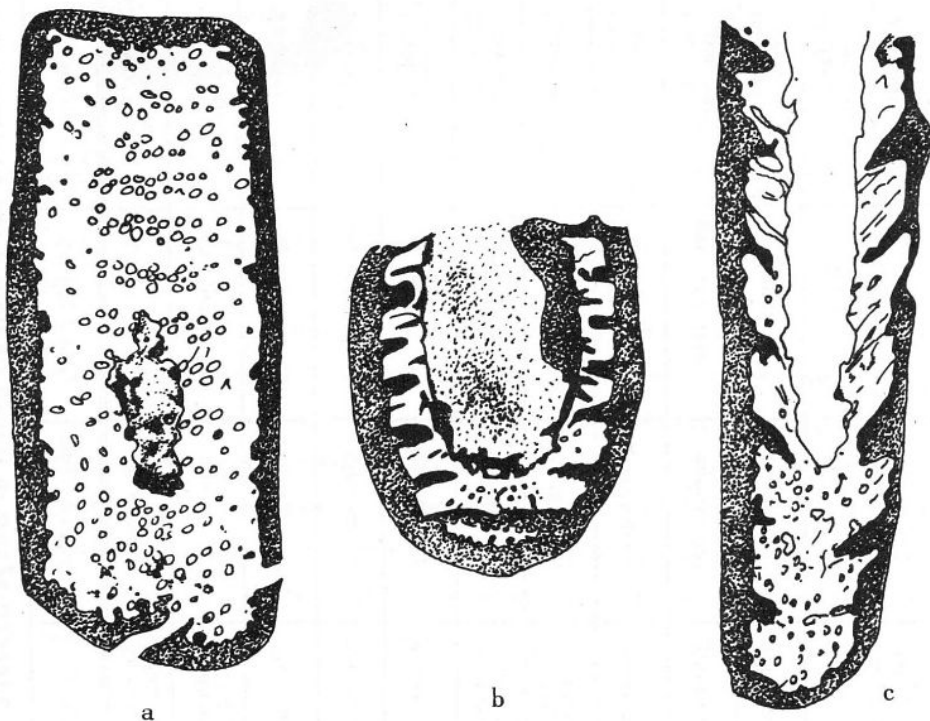



Fig. 66 - Sezioni di *Diplopora annulata* Schaf.
a = sezione tangenziale, x 10; b = sezione obliqua, x 7; c = sezione longitudinale leggermente obliqua, x 13.

Schema orientativo per la determinazione dei principali generi di Dasycladaceae

GENERE	TALLO	RAMI	SCHELETRO	ORG. RIPROD.	DISTRIBUZIONE
Rhabdoporella	cilindrico	floioforo non vertic.	continuo	endosporo	Ordoviciano - Siluriano
Vermiporella	cilindrico ramificato	floioforo non vert.	continuo	endosporo	Ordoviciano - Permiano
Mizzia	a collana di perle	floioforo	segmentato	endosporo ?	Permiano
Clypeina	cilindrico	verticill.	segmentato	cladosporo	Giurassico-Eocene
Petrascula	claviforme	floioforo verticill.	continuo	cladosporo	Giurassico sup.
Palaeodasycladus	claviforme	floioforo verticill.	intusannulato	cladosporo ?	Giurassico inf. e medio
Macroporella	cilindrico	floioforo	continuo	endosporo?	Pennsylvaniano - Giurassico
Gyroporella	cilindrico	vesiculif. aspondilo	continuo o annulato	cladosporo	Trias medio e sup.
Teutloporella	cilindrico	tricoforo gen. vertic.	gen. annulato	endosporo?	Anisico-Ladinico
Oligoporella	cilindrico	tricoforo verticill.	continuo	endosporo?	Anisico
Physoporella	cilindrico	pirifero verticill.	continuo	cladosporo	Anisico
Diplopora	cilindrico o claviforme	tricoforo o vesicul.	gen. annulato	endosporo	Trias

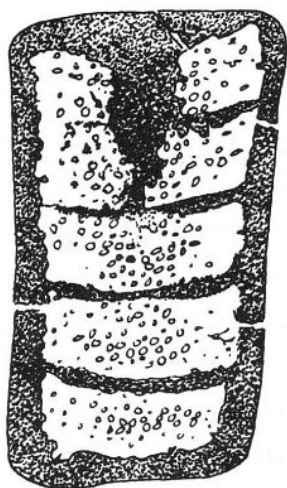



Fig. 67 - Sezione tangenziale di *Teutlo porella vicentina* Tornquist, x 7. Da *Pia* 1920

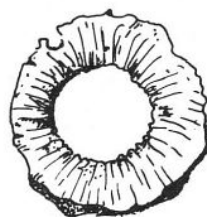



Fig. 68 - Sezione trasversale di *Teutloporella herculea* Stopp., x 5. Da *Pia* 1920.

scere almeno una sezione longitudinale ed una trasversale (vedi figg. 66-68).

Su una sezione longitudinale si studiano: la forma del canale centrale, i diametri massimo e minimo interno ed esterno dello scheletro, l'andamento e la disposizione dei rami (obliqui o perpendicolari al cilindro assiale, verticillati o meno ecc.) e le loro dimensioni; la presenza di annulazione, intusannulazione, ondulazione; lo spessore degli anelli; il numero dei verticilli per ciascun articolo.

In sezione trasversale si studiano le forme dei rami e il loro numero per ogni giro; lo spessore del guscio calcareo ecc.

Schizophyceae

Porostromata: questo termine fu introdotto da Pia nel 1927 per definire tutte le alghe fossili di incerta posizione sistematica e con una particolare microstruttura consistente in masse o fasci di tubicini flessuosi, uniformi, dalle pareti spesse, che si avviluppano generalmente attorno ad un nucleo a formare piccole masse o noduli. Un numero considerevole di forme che allora erano incluse in questo gruppo sono poi state trasferite in altre famiglie.

Fig. 69 - Sezione di calcare a *Girvanella grandis* Banks e Johnson, x 100.

Il genere più importante è *Girvanella* (vedi fig. 69), conosciuto dal Cambriano e di grande importanza litogenetica soprattutto nel Paleozoico inferiore.

Spongiostromata: Si tratta di colonie a forma di grossi noduli che non presentano alcuna particolare microstruttura, ma che si pensa siano state prodotte dall'attività di alghe d'acqua salmastra o dolce. Generalmente consistono di un feltro più o meno fitto di fili sottilissimi disposti concentricamente, immersi in una pasta siltosa o formata da detriti organici. Sembra che in uno stesso nodulo possano trovarsi intimamente associate diverse specie, difficilmente distinguibili le une dalle altre.

Queste forme possono raggiungere grandi dimensioni; non possono essere considerate dei buoni fossili a causa della loro distribuzione stratigrafica molto ampia. Sono diffuse soprattutto nel Precambriano e nel tardo Paleozoico. In alcuni terreni antichissimi sono gli unici fossili osservati.

C) PARTI DI VEGETALI NON MICROSCOPICI

Lo studio micropaleontologico delle spore e dei pollini *(palinologia)* ha avuto uno sviluppo intensissimo negli ultimi anni e si è esteso ai sedimenti marini, mentre fino a pochi anni fa era limitato ai sedimenti quaternari continentali e ai depositi di carbone.

I resti di piante che possono essere oggetto di ricerca micropaleóntologica sono spore, prepollini, pollini, semi e loro gusci, frammenti di legno, studiati in sezione sottile. Noi considereremo solamente i primi tre gruppi di microfossili, e aggiungeremo - nello stesso capitolo - gli oogoni di Carofite, che sono Alghe d'acqua dolce, i cui soli resti che si ritrovano fossili sono appunto gli oogoni.

I microfossili di questo tipo si trovano comunemente nei depositi continentali.

Le spore ed i pollini si trovano in abbondanza anche nei sedimenti marini prossimi alla costa; anche gli oogoni di Carofite si possono trovare in depositi marini, originatisi in prossimità dello sbocco di corsi di acqua. In piccole quantità, pollini e spore sono stati trovati anche nei sedimenti pelagici, in certi periodi geologici. Il fatto che le spore ed i pollini siano trasportati dal vento a grande distanza dal loro luogo di origine, in ambienti fluviali, lacustri, lagunari, marini (littorali e neritici) li rende indipendenti dagli ambienti di sedimentazione che determinano e limitano la distribuzione della maggior parte degli organismi. Questo fatto rende anche possibile la correlazione di sedimenti contemporanei marini e non marini, cosa finora impossibile per l'eterogeneità del contenuto paleontologico dei due tipi di sedimenti.

Anche le dimensioni estremamente minute di questi microfossili, la rapidità della loro dispersione per mezzo del vento, la grande varietà dei generi e delle specie li rende particolarmente interessanti nel

campo della micropaleontologia applicata.

a) **Spore**

Una spora è un corpo di propagazione delle piante più primitive che consiste di un gametofito rinchiuso in una membrana molto robusta, formata da sporonina. Fra le piante che producono elementi di propagazione interessanti la ricerca micropaleontologica possiamo distinguere quelle che producono spore libere (Briofite e Pteridofite) e quelle che producono semi (Spermatofite). Le piante che producono spore libere portano degli **sporangi**: le spore, uscite dagli sporangi, continuano a svilupparsi anche dopo aver abbandonato il corpo materno. Le spore possono essere identiche oppure differenziate in maschili e femminili (piante isosporee o eterosporee).

Isospore sono le spore non differenziate: generalmente molto piccole, vengono trasportate facilmente dal vento o dall' acqua.

Microspore sono le spore maschili prodotte dalle piante eterosporee; sono piccole e facilmente trasportabili.

Megaspore sono le spore femminili, più grandi e meno facilmente trasportabili dal vento o dall' acqua.

La classificazione delle spore fossili usata in micropaleontologia è formale: esse vengono distinte in base ai seguenti caratteri (secondo **Jones**):

- forma,
- simmetria,
- dimensioni,
- relazioni e divisioni della membrana delle sacche aerifere eventualmente presenti,
- struttura interna, come i raggi trileti,

- ornamentazione della superficie esterna della spora,
- spessore del guscio della spora.

Nella fig. 70 sono indicati i caratteri anatomici essenziali di una spora con simmetria radiale e di una con simmetria bilaterale. Nella fig. 71 sono illustrati i diversi tipi di ornamentazione del guscio

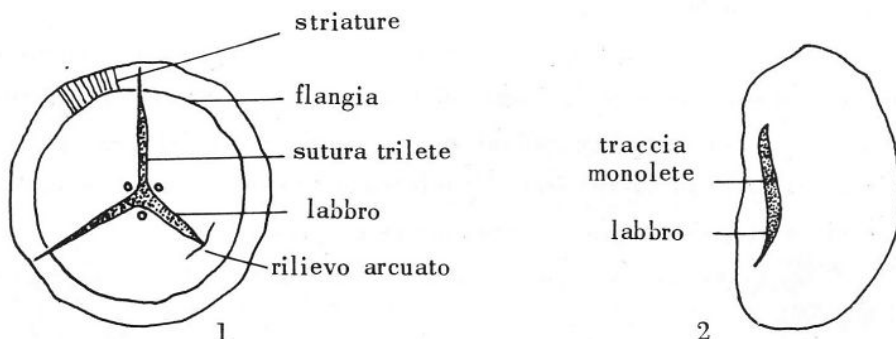



Fig. 70 - Nomenclatura di una spora con simmetria radiale (1) e bilaterale (2). Da *Jones*, 1956 adattato.

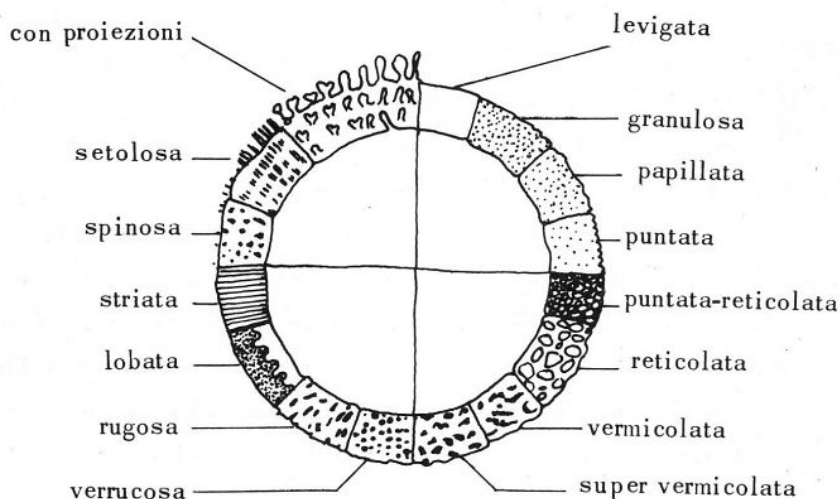



Fig. 71 - Schema delle ornamentazioni superficiali delle spore. Da *Jones*.

delle spore.

La maggior parte delle spore fossili di età anteriore al Terzia rio sono compresse ed hanno contorni circolari, ovali, ellittici o subtriangolari. Nelle spore non compresse la simmetria può essere radiale o bilaterale, la forma usualmente è subsferica, lenticolare-circolare, reniforme o fusiforme.

La maggior parte delle spore del Paleozoico hanno simmetria radiale e sono divise in tre parti subeguali da suture, dette **raggi trileti.** Le più importanti eccezioni sono rappresentate dai generi *Laevigo-sporites*, *Zonalo-sporites*, *Monoletes* e *Florinites* e sono **monolete,** con un singolo raggio, o **alete**, senza raggi.

La classificazione delle spore tiene conto anche della presenza o assenza di sacche ausiliarie o di flange equatoriali.

Sono stati descritti numerosissimi generi (formali) di spore, specialmente nel Carbonifero, con molte centinaia di specie, alcune di grande valore stratigrafico.

Lo studio delle spore si porpone di stabilire correlazioni fra serie diverse, nell'ambito di un bacino sedimentario; le ricerche più recenti hanno dimostrato che la distribuzione di queste forme è più ampia di quanto ci si potesse aspettare, e che sono a volte possibili correlazioni a largo raggio, anche intercontinentali.

La distinzione fra spore e pollini può presentare qualche difficoltà nei casi in cui vi siano forme e ornamentazioni praticamente identiche. Si può allora ricorrere (nei sedimenti di età cretacea o postcretacea) ad una reazione che permette di conoscere la **sporonina**, dalla quale sono formate le spore, dalla **pollenina**, della quale è composta la membrana esterna (esina) dei granuli pollinici.

Fig. 72 - Generi rappresentativi di spore paleozoiche. Da *Jones* 1956.

b) Pollini

Mentre le spore sono i corpi riproduttori delle piante più primitive, i pollini sono gli elementi germinali maschili delle piante più evolute, che possiedono veri fiori.

I pollini si trovano in sedimenti marini e continentali di età compresa fra il Giurassico e il Recente. Dal punto di vista morfologico esse assomigliano alle spore per la forma generale ed il contorno; mancano però le suture trilete caratteristiche della maggior parte delle spore. Sono presenti invece nei pollini solchi e pori che adempiono alla medesima funzione delle suture delle spore, vale a dire la facilitazione della fuga delle cellule riproduttive maschili durante il processo di fertilizzazione.

Nella fig. 73 sono indicate le varie parti dell'organo riproduttore di una Angiosperma.

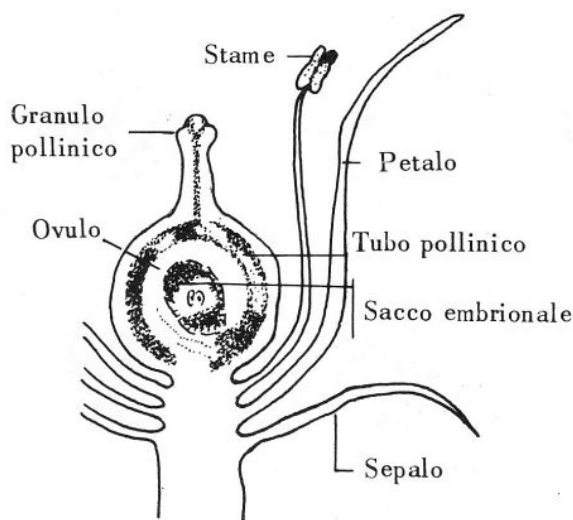



Fig. 73 - Sezione di un fiore mostrante i rapporti fra il polline, il tubo pollinico e l'ovario. Da *Jones*, 1956 modificato.

La maggior parte dei granuli pollinici consiste di due strati principali, lo strato interno o **endina** e lo strato esterno o **esina**; quest'ultimo può essere liscio (psilato) od ornato con papille, depressioni, spine ed altre ornamentazioni.

I principali criteri di classificazione dei granuli pollinici sono, secondo **Erdtman** e **Saars**:

1) Simmetria e forma. Riguardo alla forma si riconoscono tre classi fondamentali:

a) granuli **tricolpati**, con simmetria radiale e tre solchi. Il rapporto fra i diametri polare ed equatoriale permette di separare le forme **prolate** (con asse polare maggiore di quello equatoriale); **sferoidali** (i due diametri sono pressochè uguali) ed **oblate** (con diametro equatoriale maggiore di quello polare, vedi fig. 74). I grani tricolpati sono prodotti in **tetradi** o gruppi di quattro e sono caratteristici delle Dicotiledoni. I solchi rappresentano linee di contatto fra i granuli.

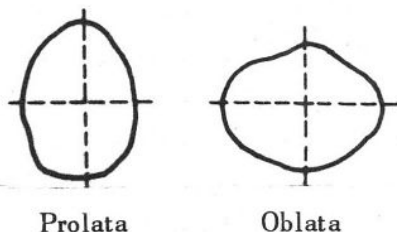



Fig. 74 - Forma di granuli pollinici. Adattato da *Jones*, 1956.

b) granuli **monocolpati**, con simmetria bilaterale e un solo solco (fig. 75). Vi sono due piani di simmetria, uno longitudinale, lungo il quale si trova il solco, ed uno trasversale, La forma generale è a barca. I granuli monocolpati sono caratteristici delle Angiosperme Monocotiledoni e delle Gimnosperme.

c) granuli **acolpati**, caratterizzati dalla mancanza di solchi. Sono molto più rari dei tipi precedenti; i granuli sono singoli e si trovano sia nelle Gimnosperme, sia nelle Angiosperme Monocotiledoni o Dicoti

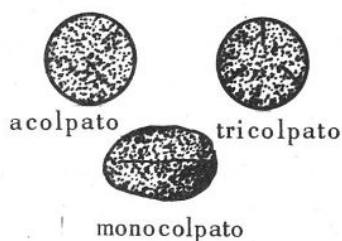



Fig. 75 - Disposizione dei solchi nei granuli pollinici. Adattato da *Jones* 1956.

ledoni.

2) Raggruppamento dei granuli. I pollini monocolpati e tricolpati sono normalmente prodotti in gruppi di quattro (tetradi) che possono essere disposti in un piano o in tetraedri (vedi fig. 76).

3) Presenza e tipo di aperture e pori. Le uscite germinali di molti pollini sono in forma di pori, disposti in vari modi e di diverse dimensioni sulla superficie. Vi sono granuli con tre pori disposti a 120°, granuli cribrati con un numero variabile di pori distribuiti più o meno uniformemente sulla superficie, ecc.

4) Natura ed ornamentazione della membrana esterna (v. fig.77).

5) Presenza di ali o di vesciche. Molti pollini, e specialmente quelli delle Conifere, possiedono due sacche ausiliarie subsferiche od ovoidali (sacche aerifere) o ali, che nelle forme viventi sono riempite d'aria e facilitano la diffusione anemofila (forme alate).

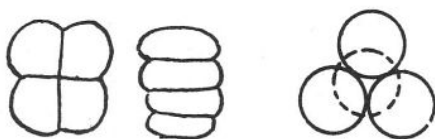



Fig. 76 - Tipi di Tetradi. Adattato da *Jones* 1956.

6) Dimensioni dei granuli. Nei pollini con simmetria radiale si danno dimensioni polari ed equatoriali; in quelli con simmetria bilaterale si danno dimensioni longitudinali e trasversali. I pollini delle Angiosperme sono, in generale, dell'ordine di grandezza di 10/80 micron (diametro). I pollini alati delle Gimnosperme variano fra i 90 e i 125 micron.

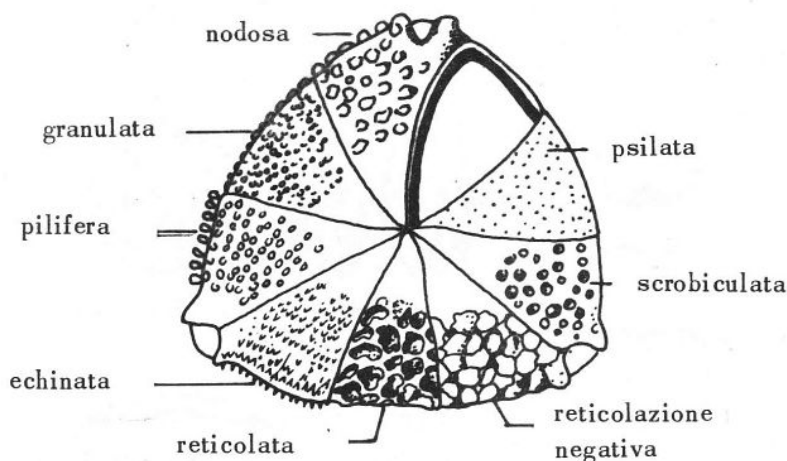



Fig. 77 - Schema di un granulo pollinico con diversi tipi di tessitura superficiale. Da *Jones* 1956 adattato.

Mentre per le spore vi è una classificazione formale usata in micropaleontologia, i pollini possono essere identificati secondo la classificazione botanica, ma solo da specialisti. Non sempre però è possibile una determinazione precisa in base allo studio di questi minutissimi resti: spesso si può arrivare a determinazioni generiche, ma di molti pollini fossili, specialmente paleogenici, si arriva a riconoscere solamente la famiglia di appartenenza. Per i pollini preterziari è spesso difficile arrivare oltre il riconoscimento delle caratteristiche formali.

Lo studio dei pollini era limitato fino a pochi anni fa ai sedimenti continentali del Quaternario. Il ritrovamento di pollini, mediante speciali metodi di laboratorio, in depositi marini ha aperto nuovi

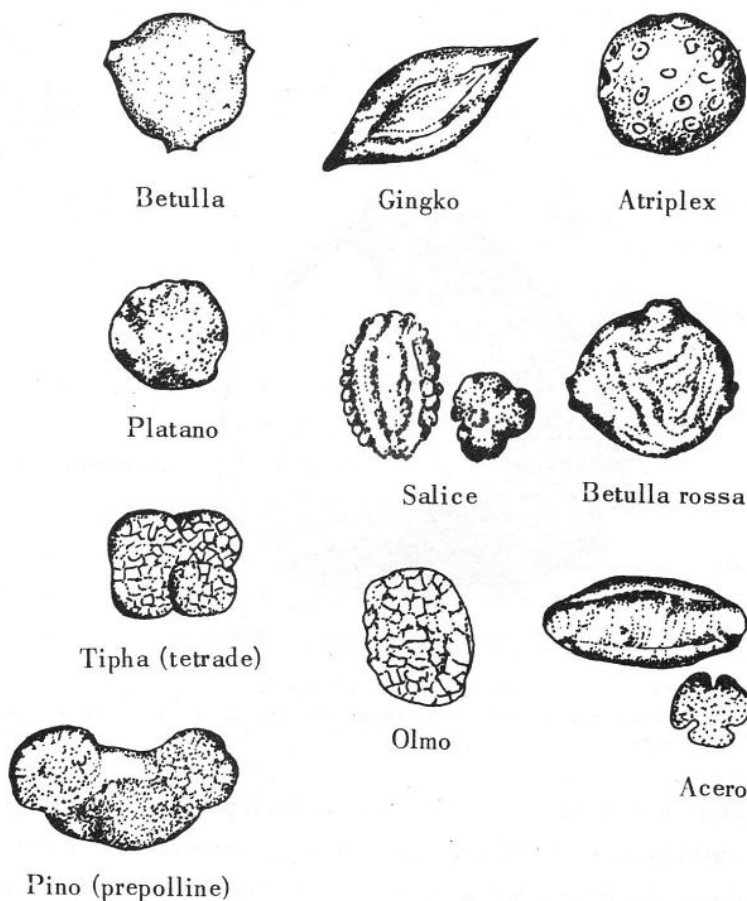



Fig. 78 - Tipi di pollini attuali. Adattato da *Jones* 1956.

orizzonti alla ricerca. Finora comunque l'utilizzazione degli studi palinologici riguardanti i pollini è legata alla paleoclimatologia più che alla stratigrafia. Nel Quaternario si sono raggiunti in questo campo risultati molto interessanti, anche in Italia.

Lo studio viene sempre effettuato su basi quantitative; si scelgono tipi di pollini relativi a piante indicative di condizioni climatiche opposte (es. caldo e umido o freddo e secco) e si registrano le va

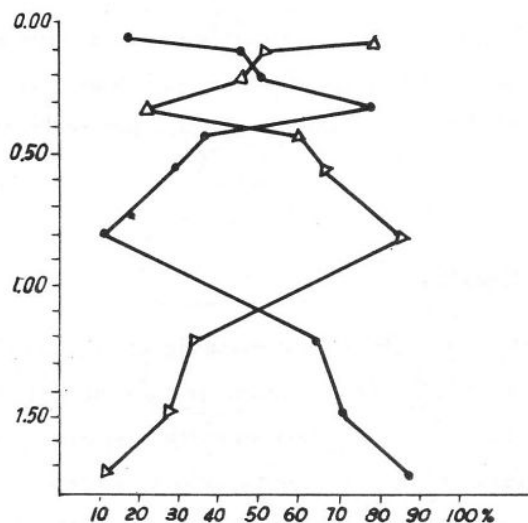



Fig. 79 - Tipo di spettro pollinico (da *Trevisan*). Le sferette rappresentano il *Pinus*, i triangoli la *Picea*. In ordinate sono rappresentate le profondità dei campioni, prelevati da strati di torba; in ascisse le percentuali dei pollini appartenenti ai due generi considerati. Le zone di dominanza della *Picea* (con punte a m. 0,00 e 0,80) corrispondono a clima umido, quelle di dominanza del *Pinus* (con punte a m. 0,30 e 1,70) a clima arido.

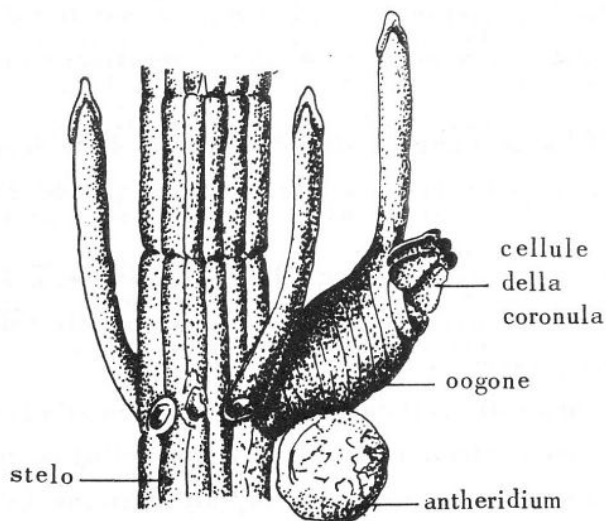



Fig. 80 - Schema di uno stelo di *Chara*. Da *Jones* 1956.

riazioni relative lungo una sezione verticale, che deve essere campionata fittamente e con molta cura. I diagrammi così costruiti si chiamano **spettri pollinici** (fig. 79) e sono utilizzati per le interpretazioni paleoclimatiche.

c) Oogoni di Carofite

Le Carofite sono alghe costituite da uno stelo principale, con serie di cellule laterali. Nelle loro ascelle vi sono cellule-uovo (= oogoni) circondate da cellule corticali avvolte a spirale (vedi fig.80). Le Carofite sono diffuse in tutto il mondo, e sono tipiche delle acque dolci o salmastre: possono raggiungere dimensioni notevoli, da 10 a 60 centimetri di altezza.

Alcune specie secernono carbonato di calcio e sono potenti costruttori di calcare d'acque dolce; i resti fossili consistono esclusivamente in oogoni.

Le Carofite, insieme ad altri microfossili d'acque dolce, come gli Ostracodi, vengono usate per correlazioni stratigrafiche regionali.

Il frutto di una Carofita è costituito dalle seguenti parti:

1) da un sacco, che consiste di cellule cilindriche avvolte a spirale;

2) da una coronula, formata da 5 o 10 cellule, che in uno stadio di sviluppo primitivo sono separate dalla punta delle cellule spirali mediante setti trasversali;

3) da una corta cellula che forma il gambo alla base dell'oogone;

4) da una oosfera, un corpo più o meno ellittico che occupa la cavità centrale dell'oogone e dopo la fruttificazione diventa l'oospora.

La coronula e la cellula del gambo non sono calcificate, e

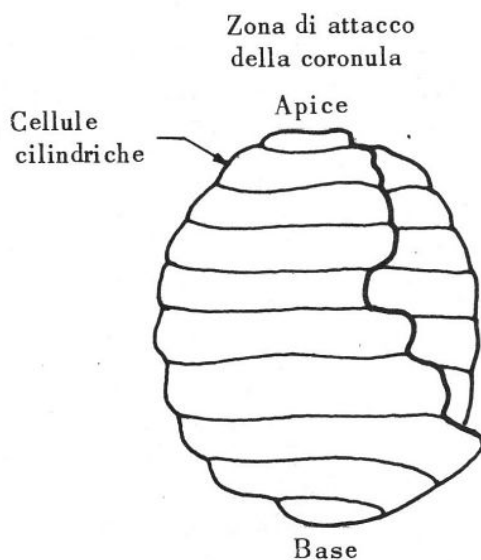



Fig. 81 - Schema di un oogone di Carofita. Da *Matthes* 1956.

quindi non si prestano alla fossilizzazione. L'unica parte che si conserva fossile è l'oogone (vedi fig. 81).

La classificazione delle Carofite fossili è basata sulle dimensioni e sulla forma del frutto, come pure sul numero e sull'andamento delle spirali. Gli oogoni fossili non si possono riferire con sicurezza ad uno dei generi viventi di Carofite.

Si conoscono circa 300 specie fossili: vi sono forme di grande valore stratigrafico, specialmente per i terreni compresi fra il Giurassico e il Recente. Secondo **Matthes** le forme post-eoceniche sono molto simili a quelle attuali, e difficili da riconoscere e da distinguere.

Amt fur Bodenforschung, Hannover

Sycidium: reticulatum SANDBERGER; foveatum PECK
Trochiliscus: podolicus CROFT; multivolvis PECK; septemcostatus PECK
Palaeochara acadica BELL
Stellatochara sellingi H.af RANTZIEN
Clavator: pecki MÄDLER; reidi GROVES; harrisi PECK
Perimneste horrida HARRIS
Atopochara trivolvis PECK
Porochara: moreyi (PECK) MÄDLER; kimmeridgensis MÄDLER
Latochara latitruncata (PECK) MÄDLER
Aclistochara: bratzenii H.af RANTZIEN; minima MÄDLER; jonesi PECK; hungarica RASKY; staubi RASKY
Tectochara: helicteres (BRONGN.) GRAMBAST; escheri (AL.BRAUN) MÄDLER; meriani (AL.BR.) GRAMBAST; majoriformis (PAPP) MÄDLER
Rhabdochara langeri (ETTH.) MÄDLER
Kosmogyra: superba STACHE; vasiformis (REID & GROVES) PIA; ovalis MÄDLER; nodosa (LU) H.af RANTZIEN
Praechara pseudoglypta H.af RANTZ
Tolypella: amoena MÄDLER; headonensis REID & GROVES; inconspicua (Al. BRAUN) MÄDLER; sp.sp
Nitella sp.sp
Sphaerochara: spec. A. HORN af RANTZIEN; brewsterensis (GROVES) MÄDLER; perlata (PECK & REKER) MÄDLER; hirmeri (RASKY) MÄDLER; globosaforma (PAPP) H.af RANTZ.
Chara: strobilocarpa REID & GROVES; sadleri UNGER; longovata PAPP; sp.sp

Quartär rezent
Tertiär: Pliozän, Miozän, Oligozän, Eozän, Paläozan
Kreide
Malm: Portland, Kimmeridge
Dogger
Lias
Trias
Dyas
Karbon
Devon

Fig. 82 - Distribuzione stratigrafica delle Carofite. Da *Freund* 1958.

MICROFOSSILI ANIMALI

I microfossili animali sono molto più numerosi, più svariati e anche più importanti di quelli vegetali, in relazione alla maggior diffusione e varietà che la vita organica animale presenta nell'ambiente marino rispetto a quella vegetale. E' nell'ambiente marino infatti che si formarono la maggior parte dei sedimenti trasformatisi poi, in seguito ai processi diagenetici, nelle rocce sedimentarie fossilifere.

Come per i microfossili vegetali, così anche per quelli animali possiamo distinguere organismi microscopici e parti microscopiche di organismi maggiori. Della prima fanno parte alcuni tra i più importanti gruppi di microfossili, come i Foraminiferi, i Radiolari, i Tintinnidi, gli Ostracodi; della seconda i più svariati tipi di organismi, che generalmente entrano come accessori nella composizione delle associazioni faunistiche, ma che possono in certi casi dar luogo ad associazioni esclusive.

Nella rassegna dei microfossili animali esposta nelle prossime pagine si segue lo schema qui descritto che non ha il significato nè le pretese di una vera classificazione dei microfossili.

FRAMMENTI O PARTI MICROSCOPICHE DI ORGANISMI MAGGIORI

a) **Poriferi** (spicole di Spugne; resti di Archaeociatidi)
b) **Antozoi** (Coralli isolati e polipai; scleriti di Alcionari)
c) **Anellidi** (Frammenti di tubi, Scolecodonti)
d) **Crostacei** (frammenti del carapace, appendici, coproliti, gastroliti)
e) **Echinodermi** (resti scheletrici di Crinoidi, Asteroidi, Ofiuroidi; ra-

dioli e resti del guscio di Echinoidi, scleriti di Oloturoidi)

f) **Molluschi** (Frammenti di guscio di Lamellibranchi, Gasteropodi, Cefalopodi, Scafopodi)

g) **Briozoi**

h) **Pesci** (denti, otoliti, ossiculiti, squame, coproliti)

i) **Conodonti** .

ORGANISMI MICROSCOPICI

A) **Ostracodi** (corrispondono a una parte della categoria d) della precedente rassegna, ma vengono considerati qui perchè rappresentano organismi interi)

B) **Foraminiferi** (Protozoi, Sarcodici)

C) **Radiolari** (Protozoi, Actinopodi)

D) **Tintinnidi** (Protozoi, Infusori).

I Foraminiferi verranno descritti per ultimi, e saranno trattati più diffusamente degli altri microfossili; poi si farà un breve cenno ad alcuni microfossili «*incertae sedis*», la cui posizione sistematica permane tuttora incerta.

Lo scopo di questa rassegna è quello di dare un quadro il più ampio possibile del campo di ricerca della micropaleontologia, in modo che ogni giovane ricercatore sappia che cosa gli può capitare di incontrare in un residuo di lavaggio o in una sezione sottile.

FRAMMENTI E PARTI MICROSCOPICHE DI ORGANISMI MAGGIORI

a) PORIFERI

I resti fossili di spugne che si possono incontrare nei residui

di lavaggio o nelle sezioni sottili sono le **spicole,** che - raggruppate in un reticolo regolare o sparse nel corpo molle - costituiscono lo scheletro solido di questi organismi. Nelle spugne si distinguono le **megasclere,** di dimensioni maggiori, libere o più spesso riunite a formare un reticolato, e le **microsclere,** piccolissime, disseminate nelle parti molli. Queste ultime (fig. 83) si conservano raramente allo stato fossile, data appunto la loro estrema piccolezza e fragilità.

Le megasclere si presentano con forme diverse nelle spugne silicee e in quelle calcaree. Fra le prime ricordiamo (fig. 84) le **mo-**

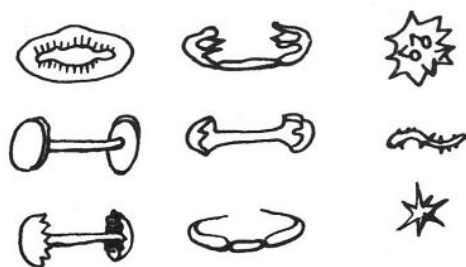



Fig. 83 - Spicole di Spugne silicee (microsclere).

naxone, formate da un unico asse, caratteristiche del gruppo delle Monactinellidi, le **triaxone** o **esaxone,** formate da tre braccia perpendicolari, tipiche delle Esactinellidi, le **tetraxone** (quattro assi incrociantisi secondo un angolo di 109°) caratteristiche delle Tetractinellidi, i **desmi,** spicole ingrossate e deformate, derivate dai tipi precedenti, che caratterizzano le Lithistidae (fig. 85).

Nelle spugne calcaree abbiamo spicole **triactine** (tre braccia situate in un solo piano) e quelle a **diapason** (fig. 86).

Le spicole di spugne silicee si incontrano più spesso e sono meglio conservate di quelle calcaree, anche se in seguito alla fossilizzazione possono avere modificato la loro natura originaria.

La classificazione delle spugne fossili si basa non solo sul-

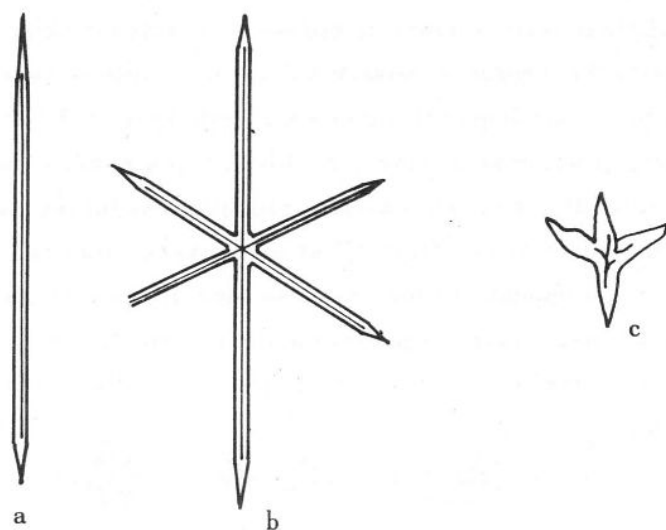



Fig. 84 - Tipi fondamentali di spicole silicee: a = monaxone, b = triaxone, c = tetraxone.

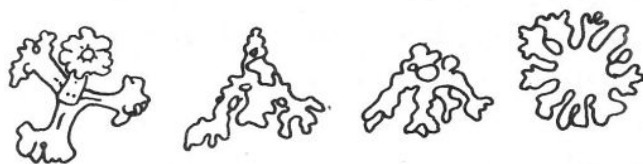



Fig. 85 - Desmi di Lithistidae.

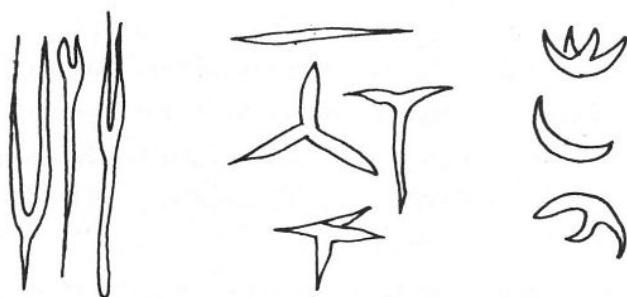



Fig. 86 - Spicole di Spugne calcaree.

la forma delle megasclere, ma anche essenzialmente sulla loro posizione reciproca, per cui il ritrovamento delle spicole isolate non consente di raggiungere determinazioni nemmeno generiche. Del resto le spugne non sono dei buoni fossili. Solo pochissime forme hanno una limitata distribuzione stratigrafica, ma in generale, l'evoluzione di questo gruppo di Metazoi è stata lentissima. Ciò non toglie che la presenza di un livello particolarmente ricco di spicole di spugne - facilmente riconoscibili sia nei residui di lavaggio, sia nelle sezioni sottili - possa acquistare una importanza stratigrafica locale, tanto da costituire un vero orizzonte-guida.

Per il significato ambientale dobbiamo distinguere le spugne calcaree, tutte di habitat littorale (zona intercotidale) da quelle silicee, che vivono a varie profondità. Fra le più littorali ricordiamo le Monactinellidi, il cui ambiente di vita è simile a quello delle spugne calcaree. Le Tetractinellidi cominciano a svilupparsi al di sotto dei 100 metri di profondità. ancora più profonde le Lithistidae, che raggiungono i 350 metri. Di tutte le spugne silicee le più profonde sono le Esactinellidi, che abitualmente vivono fra i 200 e i 500 metri, ma che sono state pescate anche da fondali di qualche migliaio di metri.

Attualmente le spugne vivono isolate, ma vi sono motivi per

ritenere che in certi periodi geologici formassero dei banchi organoge ni, associati a polipai, Briozoi, Molluschi, Echini (esempio nel Cretaceo superiore della Provenza). Le spugne - particolarmente quelle silicee - sono importanti e diffuse nel Giurassico e nel Cretaceo, mentre nel Terziario perdono di importanza.

Spicole di spugne si trovano spesso in rocce di vario tipo: nei sedimenti pelagici si tratta sempre di spicole triaxone di Esactinellidi, che sono le spugne di habitat più profondo. Quando sono molto abbondanti, arricchiscono di silice le rocce (normalmente calcari) che le contengono. Ricordiamo, in Lombardia, le «pietre da coti» di Pradalunga, che sono calcari molto ricchi di spicole di spugne silicee di età liassica (Lias inferiore e medio) e la «pietra di Moltrasio» analoga alle precedenti.

Anche nelle selci e nei diaspri ne possiamo trovare in abbondanza, generalmente associate a radiolari o ad alghe silicee. Cayeux ha chiamato «spongoliti» certe rocce organogene formate essenzialmente da spicole di spugne, di cui si hanno alcuni classici esempi in Francia.

In appendice agli Spongiari ricordo le **Archaeociatidi**, che sono interpretate dalla maggioranza degli autori come spongiari primitivi. Questi fossili, caratterizzati da uno scheletro calcareo, si presentano in forma di calice più o meno svasato. Non si hanno qui spicole, ma una doppia muraglia concentrica attraversata da setti radiali e ver ticali.

L'aspetto delle Archeociatidi in sezione sottile è del tutto ca ratteristico (fig. 87). Si trovano solamente nel Cambriano, dove formano dei calcari di scogliera ricchissimi di resti fossili. In Italia sono state segnalate nella Sardegna meridionale.

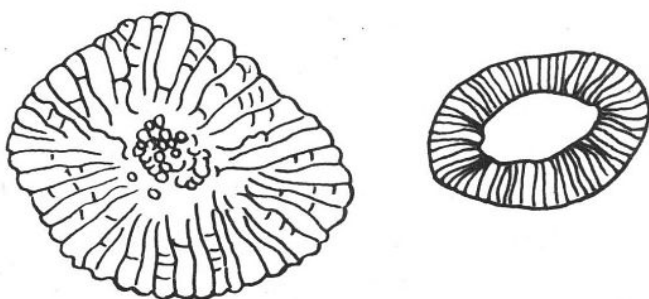



Fig. 87 - Sezioni trasversali di Archaeociatidi.

b) ANTOZOI

Dei Celenterati, gli unici che abbiano importanza in micropaleontologia sono gli Antozoi, e in particolare i **Corallari** o **Madreporari** e subordinatamente gli **Alcionari.**

Dei primi, che si suddividono in **Tetracoralli,** paleozoici, e in **Esacoralli,** postpaleozoici, si conservano fossili gli scheletri isolati o, per le forme coloniali, i polipai, contenuti in gran numero in certi calcari di scogliera. Negli studi micropaleontologici hanno importanza pratica solamente i polipai, che sono contenuti in rocce compatte, e vengono quindi riconosciuti e studiati in sezione sottile.

Pur essendovi alcune specie significative, i Madreporari non hanno in complesso un'importanza stratigrafica particolarmente notevole, essendosi evoluti piuttosto lentamente nel tempo; data l'impossibilità di determinare questi fossili basandosi solamente sulle sezioni sottili, non è possibile utilizzarli a fondo, in micropaleontologia, a scopo stratigrafico. Anche se non si arriva a datare direttamente i campioni, la presenza di livelli a coralli è comunque importante, e può diventare veramente significativa quando si studiano serie stratigrafiche a scopo correlativo, dove un «orizzonte a coralli» può diventare un ve

ro livello-guida.

Quanto al significato ambientale di questi fossili, dobbiamo ricordare che i coralli coloniali sono forme marine bentoniche di habitat littorale, mentre quelli isolati possono vivere anche in acque fredde e profonde. Sono note le condizioni di vita dei madreporari attuali, che vivono in gran numero nei mari tropicali, con acque superficiali non più fredde di 20°, salate, ricche di carbonato di calcio, limpide, preferibilmente agitate e quindi ossigenate. I madreporari viventi non superano mai i 50 metri di profondità. Nelle scogliere coralline le associazioni caratteristiche sono con Alghe calcaree, Alcionari, Molluschi a guscio spesso, Echinidi, spongiari (specialmente spugne calcaree), Anellidi, Brachiopodi e Oloturoidi.

Da quanto sopra detto risulta evidente la grande importanza litogenetica dei polipai di coralli, che in Italia sono particolarmente abbondanti in alcuni livelli del Trias alpino e prealpino, nel Cretaceo (facies urgoniana) e sporadicamente nel Terziario.

La classificazione dei Madreporari è descritta in tutti i trattati di Paleontologia, ai quali rimando, non essendovi niente da aggiungere dal punto di vista dello studio micropaleontologico.

Gli **Alcionari** od **Octocoralli** sono fossili meno importanti dei Maderporari sia dal punto di vista stratigrafico, sia da quello litogenetico. Sono però particolarmente interessanti in micropaleontologia in quanto il loro scheletro, anzichè essere compatto, si compone di spicole isolate, chiamate **scleriti**. Le scleriti, che hanno generalmente forma allungata e dimensioni variabili da pochi decimi a 2 millimetri, si sviluppano dai cosiddetti **scleroblasti**. Questi scleroblasti sono cellule epidermiche rivolte verso l'interno del corpo, che ad un certo punto diventano binucleate e originano ciascuna una sclerite.

Pare che tutte le scleriti fossili finora descritte appartenga-

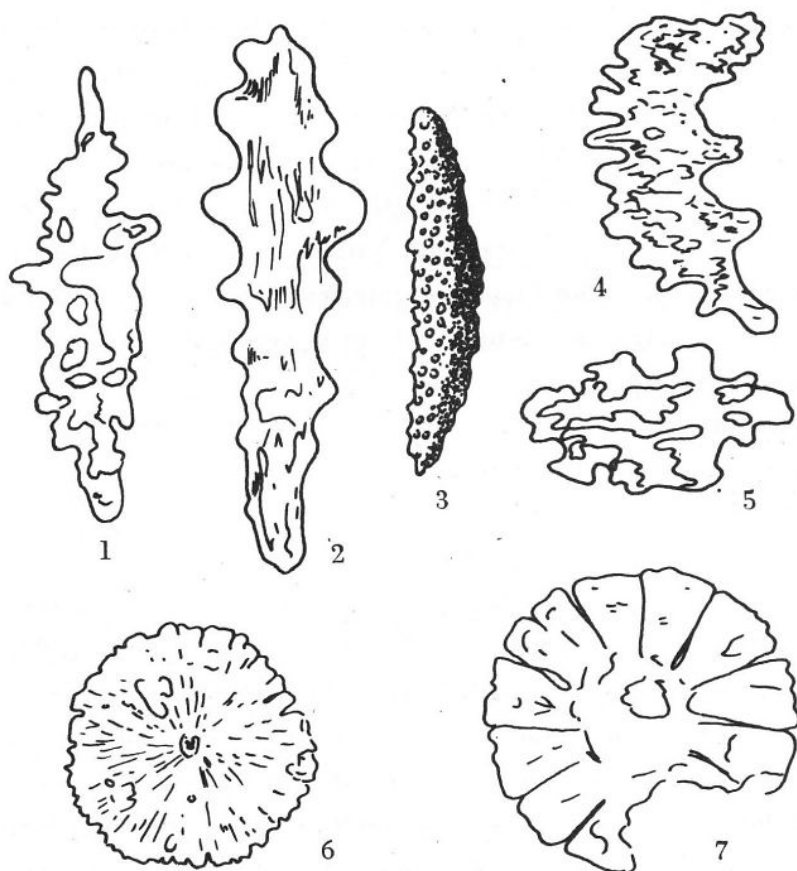



Fig. 88 - Scleriti di Alcionari fossili. Da *Deflandre - Rigaud* 195 .

1-5. Diverse specie di *Micralcyonarites;* la specie raffigurata al n. 1 proviene dal Luteziano del bacino di Parigi; le specie 2, 4 e 5 provengono dal Miocene dell'Australia; il n. 3 dal Cretaceo superiore della Cecoslovacchia. Tutti gli esemplari x 280.

6-7. Due specie di *Neanthozoites,* provenienti dal Luteziano del bacino di Parigi(n.6) e dal Miocene dell'Australia (n.7).

no agli Alcyonacea. Ne sono state trovate nel Lias, nel Cretaceo della Boemia, nell'Eocene del bacino di Parigi e della Germania meridionale, nel Miocene dell'Australia. Le associazioni a scleriti di Alcionari dell'Australia sono particolarmente ricche ed interessanti.

Negli Alcionari viventi sono stati riconosciuti da lungo tempo diversi tipi morfologici, ossia scleriti fusiformi, clavate, capitate, squamiformi e a forma di trappola. Nella classificazione formale delle scleriti di Alcionari fossili recentemente proposta dalla **Deflandre-Rigaud** le specie sono distinte in base ai seguenti caratteri:

a) forma generale;

b) forma dell'ornamentazione come tubercoli, spine ecc.;

c) disposizione dell'ornamentazione;

d) tessitura delle scleriti;

e) dimensioni.

Anche l'aspetto a luce polarizzata può essere caratteristico.

Sono distinti due generi: *Microalcyonarites* (vedi fig. 88, 1-5) e *Neanthozoites* (vedi fig. 88, 6-7). Il primo è descritto come segue: scleriti di Alcionari fossili calcaree, con una microstruttura generalmente fibrosa, spesso verrucose e spinose, raramente lisce, e variabili di forma: a fuso, a bastone, a piastra ecc. Il secondo «genere» è stato così definito: microfossili calcarei a forma di dischi appiattiti o biscotti pianoconvessi, con struttura radiale e periferia irregolare, incisa. Dimensioni uguali o inferiori a due decimi di millimetro.

Lo studio delle scleriti di Alcionari è effettuato solo su resti isolati. Non risulta che finora in Italia siano state descritte scleriti di Alcionari.

c) ANELLIDI

Dei vermi, gli unici che abbiano importanza come fossili sono gli Anellidi, vermi segmentati comuni nei sedimenti marini dal Cambriano al Recente, e presenti a volte anche nei depositi continentali.

I resti di Anellidi consistono nel guscio calcareo, in forma di tubo e nelle mascelle **(Scolecodonti).**

I resti di Anellidi si presentano in forma di tubi calcarei che possono essere diritti, conici, avvolti a spirale o irregolarmente sinuosi. Il genere *Serpula*, il cui guscio è irregolarmente avvolto a spirale, può assumere localmente importanza nei mari attuali con acque poco profonde come costruttore di scogliere coralline, nelle regioni tropicali. Questo genere è conosciuto fin dal Silurico e non ha alcuna importanza stratigrafica.

Nelle sezioni sottili i tubi di Anellidi si presentano con sezioni circolari, quando sono tagliati normalmente all'allungamento del tubo; si notano pareti spesse, formate da zone concentriche. Tali sezioni di Anellidi possono essere confuse con sezioni di certi Scafopodi, come i *Dentalium*. Come significato ambientale, gli Anellidi sono più costieri che non gli Scafopodi.

Gli **Scolecodonti** sono stati sicuramente identificati come mascelle di vermi anellidi. Sono stati trovati comunemente in posizione orientata, come coppie di elementi mascellari. La fig. 89 mostra le varie parti degli elementi mascellari di un Anellide. Non sempre però è possibile - nelle forme fossili - definire la posizione delle mascelle: per questo la classificazione degli Scolecodonti è formale, ed è applicabile solo su esemplari isolati.

Gli Scolecodonti sono chitinosi: il loro colore abituale è nero brillante. Essi sono contenuti solitamente in argille o marne dalle quali vengono facilmente estratti, ed hanno dimensioni che possono an-

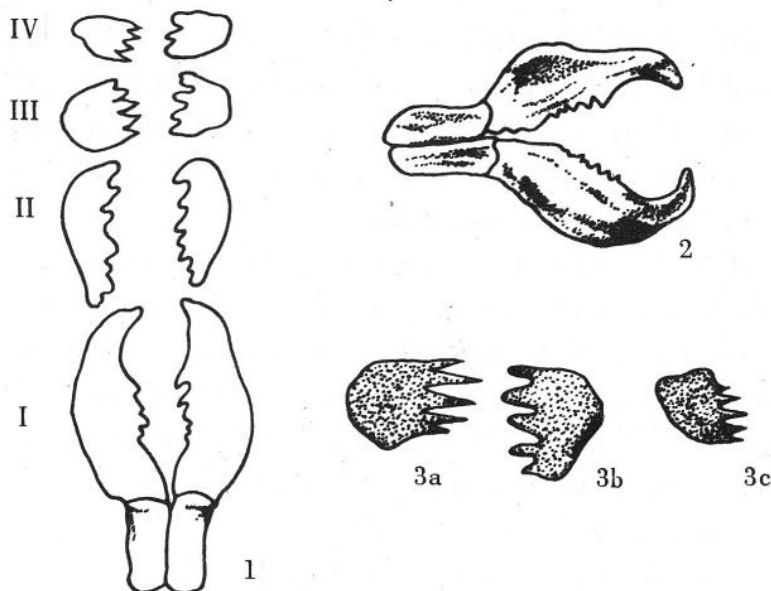



Fig. 89 - Scolecodonti. Da *Jones* 1956. 1 = ricostruzione di mascelle di Anellidi (i numeri romani si riferiscono alle paia di mascelle). 2 = Mascelle I, articolate, di *Arabellites* (Ordoviciano-Devoniano). 3 = Mascelle III e IV di *Eunicites* (Ordoviciano-Eocene).

che superare il millimetro.

Gli Scolecodonti sono diffusi specialmente nel Paleozoico (Ordoviciano-Devoniano), dove hanno un grande valore stratigrafico. In Italia non risulta siano stati mai segnalati.

d) CROSTACEI

Resti di Crostacei si possono trovare sia nei lavati, sia nelle sezioni sottili. Sono stati descritti frammenti del dermoscheletro, appendici, coproliti e gastroliti.

I primi sono inadatti alla determinazione, quando siano rotti: si riconoscono solo se presenti nei residui di lavaggio. Comunemente si incontrano frammenti di Cirripedi (vedi fig. 90) come i *Lepas* ed i *Balanus*, forme bentoniche fisse, di habitat littorale, nei sedimenti terziari.

Le appendici sono più interessanti: esse possono talvolta dar luogo ad associazioni esclusive. Per gruppi di Crostacei di particola-

Fig. 90 - Tipi di Cirripedi. Da *Jones* 1956.

re interesse stratigrafico, come i Trilobiti, le associazioni ad appendici sono molto significative.

Altri resti di Crostacei sono i **coproliti**, che si presentano nei lavati come masserelle tondeggianti di colore brunastro e in sezione sottile come forme subarrotondate attraversate internamente da canali che si presentano in modo diverso a seconda di come vengono sezionati. I coproliti di Crostacei possono avere un'importanza stratigrafica notevole: un orizzonte a coproliti è caratteristico, ad esempio, del

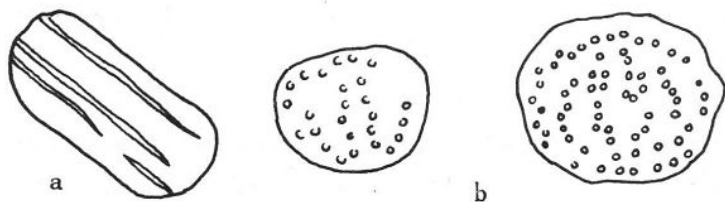



Fig. 91 - Coproliti del Portlandiano: a = sezione longitudinale; b = sezione trasversale.

Portlandiano nella regione mediterranea. Sono stati fatti tentativi di classificazione dei coproliti, basandosi sulla loro forma generale e sul numero e la forma dei canali (vedi figure 91 e 92). Il genere *Favreina*, istituito da **Brönnimann** nel 1955 per dei microfossili «incertae sedis» del Giurassico superiore, considerati come probabili alghe, si riferisce in realtà a coproliti di Crostacei.

Recentemente gli americani **Frizzell** ed **Exline** hanno studiato dei **gastroliti** di Crostacei, confrontando forme viventi e forme fossili. I gastroliti, o pietre dello stomaco, sono concrezioni di fosfato di calcio appaiate che si formano nell'interno del corpo delle aragoste e dei gamberi immediatamente prima della muta. La loro funzione non è chiaramente conosciuta. Hanno un diametro massimo che va dai 5 ai 25 millimetri nelle forme viventi: sono di forma ellittica o circolare o a cuore e, visti di profilo, si presentano piano-convessi o concavo-convessi. Delle due strutture interne riconosciute, l'unica suscettibile di fossilizzazione è quella costituita da sottili lamine parallele alla superficie esterna. L'esistenza dei gastroliti nell'interno del corpo dei Crostacei è temporanea: durante la muta essi passano nello stomaco e vengono successivamente assimilati. La loro presenza nei sedimenti implica l'intervento di un predatore, che abbia divorato l'animale prima della muta; questo spiega la loro estrema scarsità nei sedimenti.

Fig. 92 - *Coprolites decemlunatus* (Oligocene).

I gastroliti fossili sono simili a certi ossiculiti di Pesci.

Frizzell ed **Exline** hanno voluto inquadrare in una sistematica linneana le forme dell'Eocene (Claiborne) del Texas. E' stata da essi istituita una famiglia, che ha finora un genere ed una sola specie

(vedi fig. 93), chiamata *Wechesiidae*.

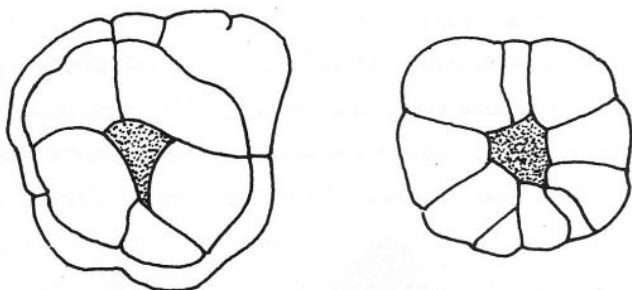



Fig. 93 - *Wechesia pontis* Frizzell e Exline, gastrolite di Crostacei macruri.

e) ECHINODERMI

Gli Echinodermi sono animali marini, in massima parte bentonici, che possiedono uno scheletro calcareo adatto alla fossilizzazione; sono comuni e a volte frequenti nei terreni dal Paleozoico al Recente.

Lo studio degli Echinodermi non è stato finora oggetto di ricerche particolari da parte dei micropaleontologi, tranne che per alcuni gruppi (scleriti di Oloturie). Molto spesso infatti il materiale repertato non è suscettibile di classificazione, e non può quindi essere utilizzato a scopo stratigrafico.

Vediamo singolarmente le cinque classi principali nelle quali viene comunemente suddiviso il phylum degli Echinodermi.

Crinoidi

I Crinoidi o gigli di mare sono animali marini a simmetria pentaradiata; negli stadi primitivi sono liberi, poi si fissano al fondo marino. Vi sono però forme in cui il fissaggio al fondo non ha carattere

permanente, essendo realizzato per mezzo di una punta, e forme pela-giche, sprovviste addirittura di stelo.

I Crinoidi si ritrovano abbondantemente nei terreni paleozoici e mesozoici e, più raramente, anche in quelli terziari.

Lo scheletro è formato da uno stelo, dal calice e dalle braccia, costituiti da un gran numero di elementi aventi forma e struttura

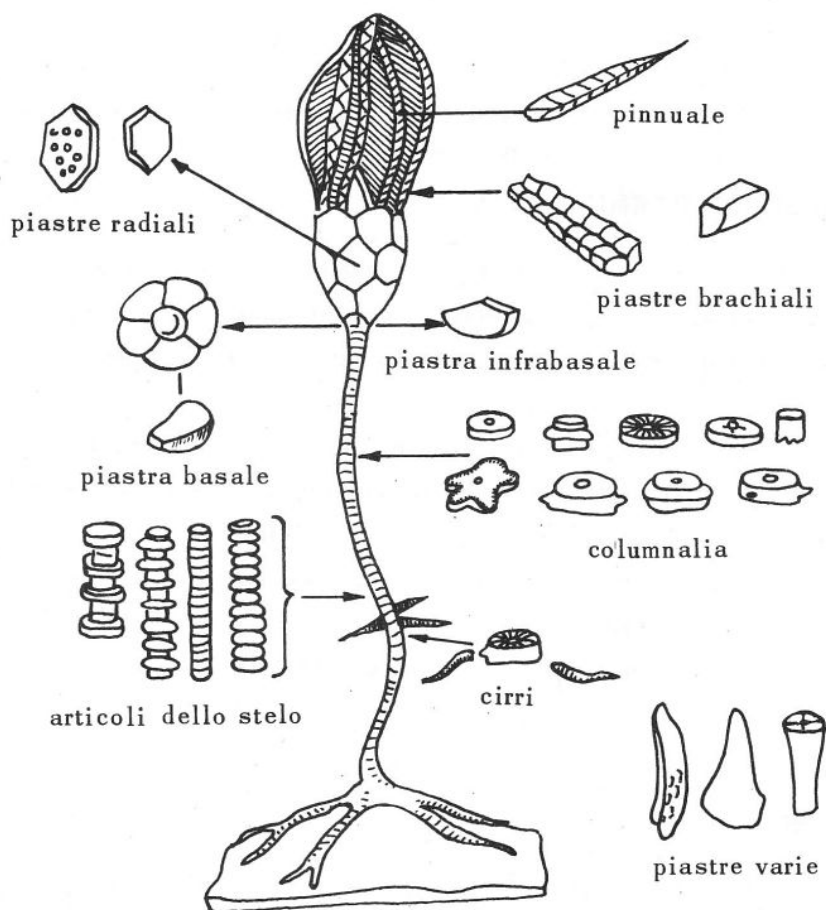



Fig. 94 - Diagramma schematico di un Crinoide. Sono indicate le varie parti che possono incontrarsi come microfossili. Da *Jones* 1956.

diversa (vedi fig. 94). **Moore** ha proposto una classificazione dei Crinoidi basata su questi frammenti, che vengono da lui raggruppati nelle seguenti sei divisioni:

1) **Columnalia:** comprende tutti gli articoli dello stelo, inclusi i cirri.
2) **Apicalia:** comprende le piastre che costituiscono la base del calice. Le piastre chiamate Basalia ed Infrabasalia non si possono distinguere quando sono isolate.
3) **Facetalia:** comprende tutte le piastre del calice che possiedono piani di articolazione. Appartengono a questa divisione i Radialia e Brachialia.
4) **Polygonalia:** comprende le piastre superiori del calice, che non possiedono piani di articolazione. Si devono inserire qui anche molte piastre del **tegmen** che non sono abbastanza caratteristiche per poter essere tenute distinte.
5) **Tegminalia:** elementi del tegmen che si possono riconoscere con sicurezza come tali. Appartengono a questa divisione piastre specializzate come le Oralia.
6) **Pinnata:** comprende i Brachialia con piani di articolazione.

In micropaleontologia gli elementi che si incontrano con maggiore frequenza sono i Columnalia: essi si prese tano circolari, pentagonali o stellati, e sono sempre forati al centro. Sono facilmente riconoscibili nei residui di lavaggio (vedi fig. 95) ed anche in sezione sottile. Danno luogo a volte ad associazioni esclusive, ricchissime di fossili, come i «calcari a entrochi», abbastanza comuni nel Giurassico italiano.

Il riconoscimento degli elementi diversi dai Columnalia è molto difficile, specialmente in sezioni sottile. Così, ad esempio, le ricerche di **Verniory** hanno dimostrato che il genere « incertae sedis » *Lombardia*, istituito dal **Brönnimann** e probabilmente anche il genere

Fig. 95 - Diversi tipi di Columnalia.

Eothrix di **Lombard**, considerati entrambi come probabili alghe cloroficee, rappresentano in realtà sezioni variamente orientate della piastra secundibrachiale di *Saccocoma* (vedi fig. 97). E' questo un Crinoide pelagico che ha avuto un intenso sviluppo nel Giurassico superiore, e infatti le associazioni a *Saccocoma* (= *Lombardia* o *Eothrix*) sono assai comuni e caratteristiche, in quell'età, nei depositi della Tetide.

L'importanza stratigrafica dei Crinoidi è notevole, per alcune forme almeno. Raramente però si può arrivare ad una datazione precisa attraverso lo studio micropaleontologico, per l'impossibilità di raggiungere una sicura determinazione dei resti fossili.

I Crinoidi possono avere importanza litogenetica, come è il ca

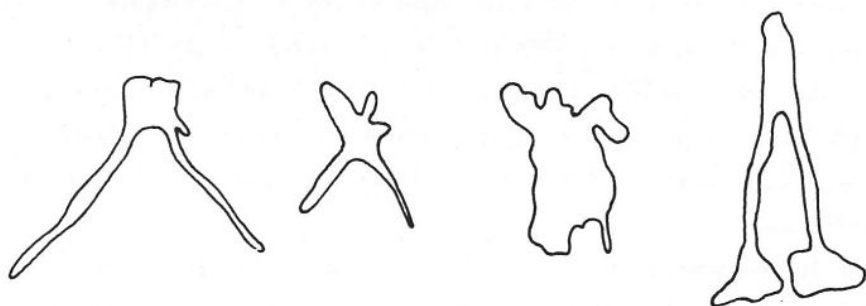



Fig. 96 - Tipi di «*Lombardia*». Da *Brönnimann* 1955.

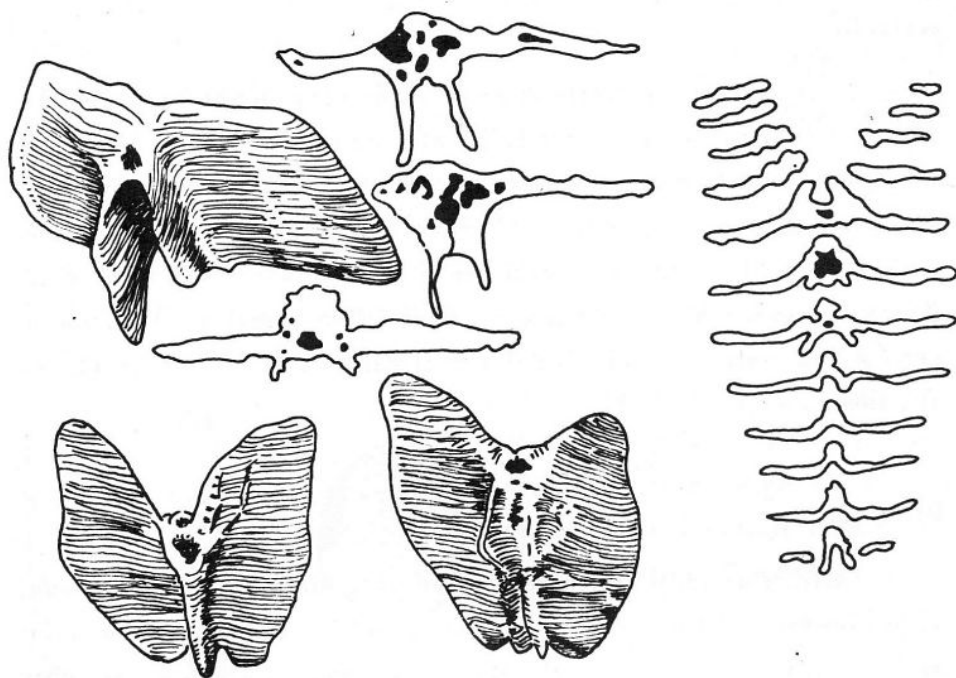



Fig. 97 - Sezioni e ricostruzione di piastre secundibrachiali di *Saccocoma* (= « *Lombardia* » = *Eothrix alpina*, secondo *Verniory*). Da *Verniory* 1954.

so per le encriniti. Il loro significato ambientale varia a seconda dei tipi. Per la massima parte i Crinoidi fanno parte del benthos fisso e vivono a profondità variabili dall'ambiente littorale a quello neritico, fino a raggiungere l'ambiente batiale. Fra i Crinoidi di habitat più profondo sono i Pentacrini; ma le associazioni a Crinoidi, nella maggioranza dei casi, indicano un ambiente littorale. Vi sono anche Crinoidi pelagici, come il già citato *Saccocoma*, i cui resti si trovano in calcari a grana fine deposti in alto mare.

Asteroidi

Gli Asteroidi o stelle di mare danno luogo a frammenti scheletrici che consistono in piastre terminali, piastre marginali, spine corte e ottuse (a differenza di quelle degli Echinoidi, che sono in maggior parte lunghe e appuntite) e raramente nella piastra madreporica. L'importanza di questi frammenti per la determinazione è notevole, ma finora non sono mai stati fatti studi micropaleontologici al riguardo, per cui non siamo in grado di definire il valore e la diffusione che essi possono avere.

Ofiuroidi

Gli Ofiuroidi o stelle serpentine sono discretamente comuni nei sedimenti del Paleozoico superiore e del Mesozoico. I loro resti scheletrici consistono in corpi calcarei che assomigliano a vertebre in miniatura, e sono detti appunto ossicoli vertebrali. La loro funzione è quella di facilitare l'articolarione dei molti bracci delle ofiure con il disco centrale. In uno stesso individuo e in uno stesso braccio si trovano ossicoli di forma diversa: per questo lo studio dei resti micropaleontologici si presenta complesso, e non è ancora stato affrontato a fondo.

Echinoidi

Frammenti del guscio, piastre isolate (fig. 98) e aculei(fig.99) di Echini si incontrano spessissimo nei residui di lavaggio e anche nelle sezioni sottili di rocce calcaree, dove i radioli presentano sezioni trasversali (fig. 100) od oblique caratteristiche.

Fig. 98 - Piastra isolata di Echino (gen. *Cidaris*).

In generale questi resti fossili vengono segnalati dal micropaleontologo, ma non vengono studiati a fondo dato che la classificazione degli Echini si basa su molti caratteri che non sono osservabili nei frammenti sopracitati.

Per quel che riguarda i radioli, in particolare, si osserva che generi e specie diversi possono presentare radioli identici mentre radioli differenti per forma e dimensioni possono trovarsi in uno stesso individuo. In queste condizioni non si può pensare di basarsi sui radioli per determinare gli Echini. Fanno eccezione i *Cidaris* e generi affini, che presentano radioli ingrossati e caratteristici. Recentemente è stato fatto un interessante studio biostratigrafico sulla sezione-tipo del Daniano, in Danimarca, nel quale le singole specie di *Tylocidaris*, scelte come markers di zona, erano riconoscibili anche attraverso i loro radioli (**Brotzen** 1959, vedi fig. 101).

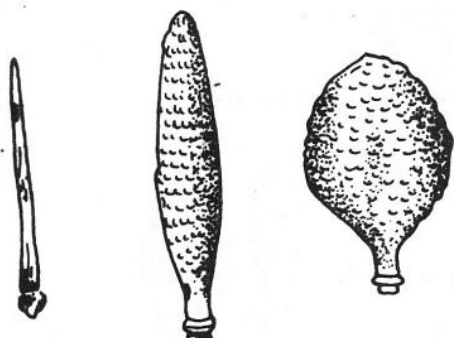



Fig. 99 - Radioli di Echini.

Oloturoidi

Benchè le Oloturie siano - fra tutti gli echinodermi - le più povere in resti fossili, pure la loro importanza in micropaleontologia è forse maggiore che per gli altri gruppi proprio perchè nel loro corpo molle si trovano disseminate in gran numero delle minute piastre calcaree

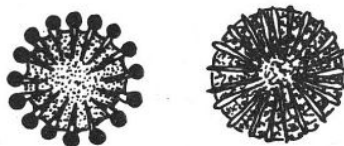



Fig. 100 - Radioli di Echini sezionati trasversalmente.

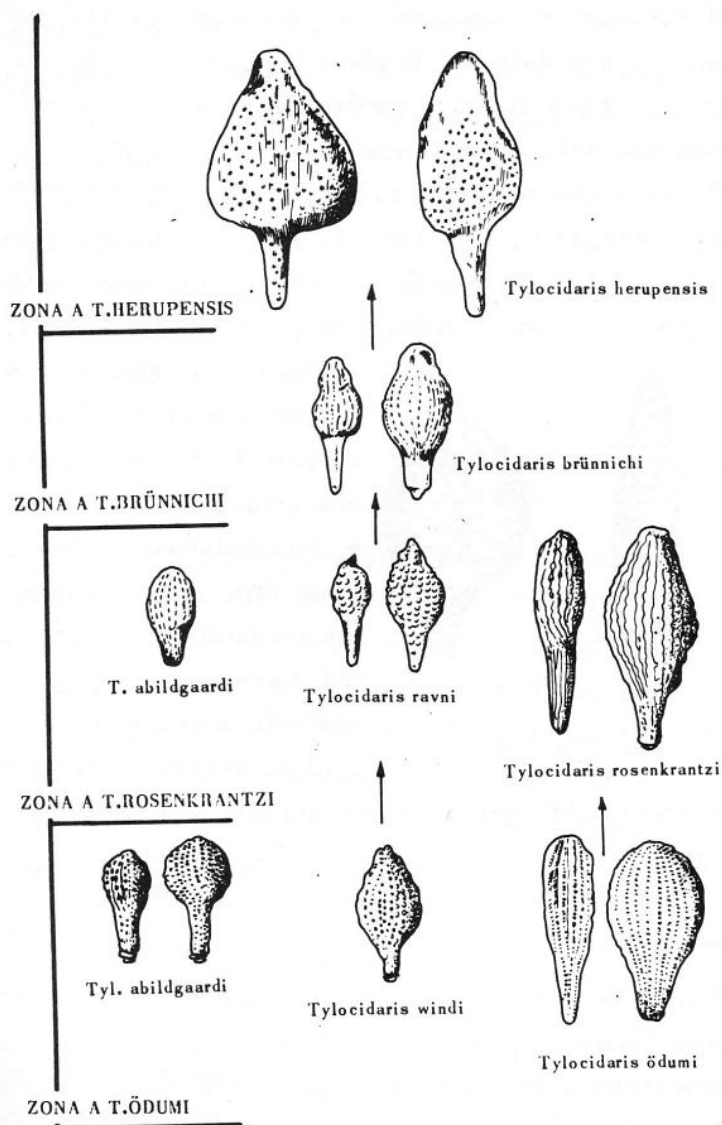



Fig. 101 - Evoluzione dei radioli di *Tylocidaris* durante il Daniano. Da *Brotzen* 1959.

(chiamate **scleriti**) le cui dimensioni vanno da pochi centesimi di millimetro a un millimetro. Numerose impronte problematiche in rocce di diversa età, anche antichissime, sono state riferite a Oloturie, e sono state interpretate come tracce del passaggio di questi animali limivori, che strisciano sui fondi melmosi, affondandovi parzialmente. Di tutte le segnalazioni di Oloturie, solo due hanno resistito al vaglio di un esame critico: si tratta di esemplari interi, conservatisi per cause del tutto accidentali in quella straordinaria fonte di fossili che è il calcare giurassico di Solenhofen. Lo studio delle scleriti di Oloturoidi si presenta assai promettente, data la grande varietà dei tipi riconosciuti, la loro abbondanza in certi sedimenti finemente clastici e nei calcari di scogliera, la relativa facilità delle determinazioni, essendo puramente formale la classificazione in uso.

Da quanto sopra detto sull'estrema scarsità dei reperti fossili di Oloturie intere, si deduce che le nostre conoscenza sull'evoluzione di questi organismi sono del tutto insufficienti per l' utilizzazione pratica delle scleriti a scopo stratigrafico. Lo studio delle scleriti stesse però ha permesso di stabilire che i periodi nei quali si è avuto un maggiore sviluppo di questi echinodermi, con associazioni caratteristiche, furono il Carbonifero, il Giurassico ed il Cretaceo-Cenozoico Nei periodi del Paleozoico anteriori al Carbonifero i ritrovamenti sono molto rari, mentre nel Permo-Trias le associazioni presentano caratteri di transizione fra le forme carbonifere e quelle giurassiche.

La classificazione delle scleriti di Oloturie è necessariamente formale; le scleriti si distinguono in base alla loro forma, che può essere a ruota, a piastra, a tavola, a lira, a occhiali, a uncino, ad ancora ecc.; lo studio deve essere necessariamente effettuato su forme isolate. **Frizzell** ed **Exline** hanno distinto nove famiglie basandosi appunto sulla forma generale delle scleriti, 25 generi ed oltre un cen-

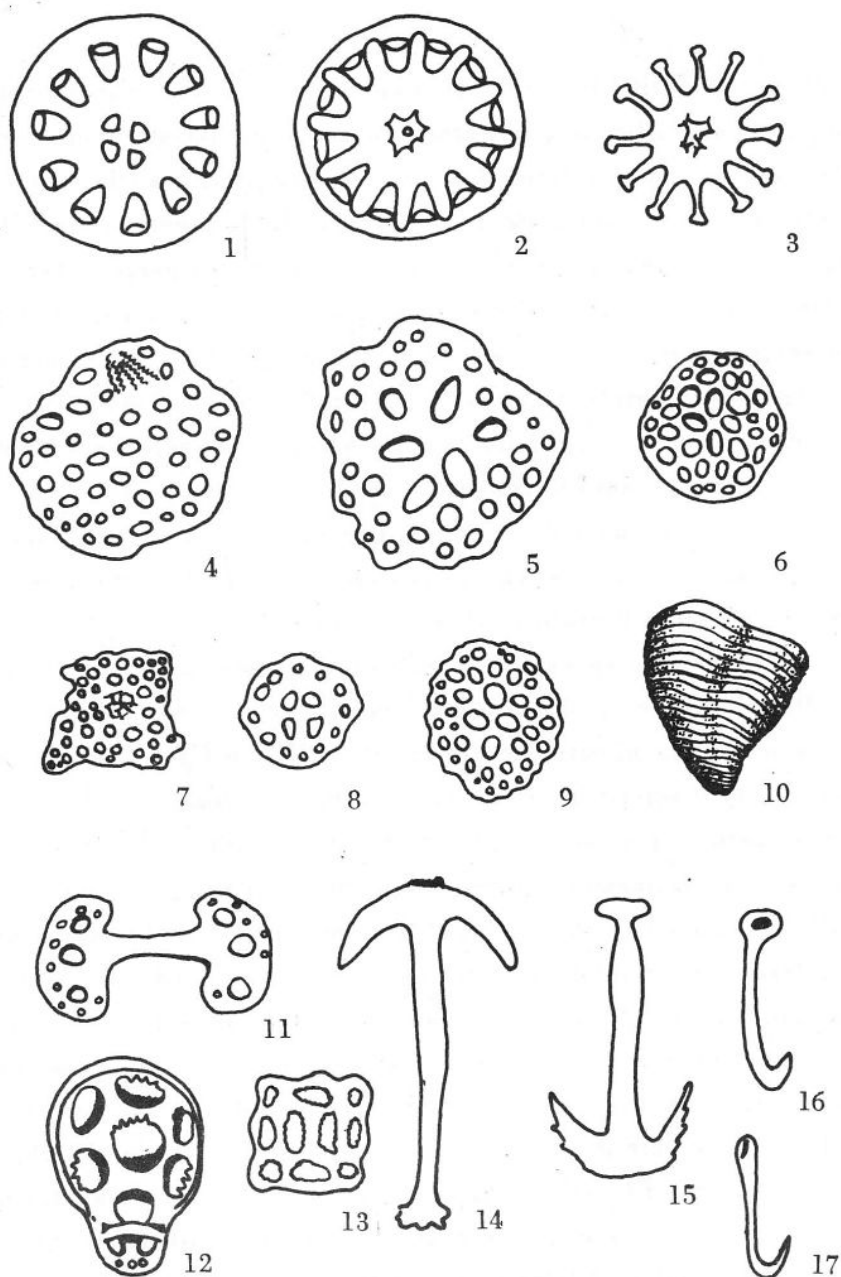



Fig. 102 - Scleriti di Oloturie. 1-3. *Laetmophasma.* - 4. *Echinocucumis.* - 5. *Molpadia.* - 6-8. *Priscopedatus.* - 9. *Ancistrum.* - 10. *Cucumaria.* - 11. *Oneirophonta.* - 12. *Euapta.* - 13. *Protankyra.* - 14. *Euapta.* - 15. *Leptosynapta.* - 16-17. *Ancistrum.*

tinaio di specie.

Oltre ad avere un significato stratigrafico che le nuove ricerche mettono sempre meglio in evidenza, le scleriti di Oloturie si prestano pure agli studi di carattere ecologico. Quasi tutte le Oloturie viventi infatti sono bentoniche; fra queste si conoscono forme apode, che vivono su fondali fangosi nutrendosi di limo, e forme peduncolate che si attaccano agli scogli, su fondali rocciosi. Si nota che nel primo caso le scleriti presentano le forme ad uncino, ad ancora, a ruota, mentre nelle forme attaccate ai fondali rocciosi (e quindi in rapporto a calcari di scogliera) sono in forma di piastre, dischi, lire e tavole. Grande importanza è attribuita alle Oloturie nella distruzione delle scogliere coralline, che esse divorano alimentando la formazione di fanghiglie calcaree di natura organogena.

f) MOLLUSCHI

I Molluschi che più frequentemente si incontrano nelle ricerche micropaleontologiche sono Lamellibranchi, Gasteropodi, Cefalopodi, Scafopodi. Dobbiamo distinguere se si tratta di esemplari di piccole dimensioni o di frammenti di gusci presenti nei lavaggi, oppure se i Molluschi vengono riconosciuti in sezione sottile. In quest'ultimo caso il riconoscimento si presenta senz'altro più difficile.

Trattandosi di esemplari isolati di piccole dimensioni (Pteropodi o altri Gasteropodi), questi possono venire facilmente classificati.

Particolarmente attenzione deve essere posta nel significato ecologico che queste forme possono avere: così, tra i Gasteropodi, sono significative le forme di acqua dolce o salmastra, che spesso pre-

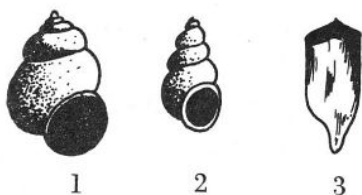



Fig. 103 - Gasteropodi (1 = *Bithynia;* 2 = *Hydrobia)* e *Pteropodo*(3).

sentano gusci di piccole dimensioni, molto lisci e molto sottili. Gusci ed opercoli di *Bithynia* e di *Hydrobia* (vedi fig. 103) sono indicativi di un deposito di tipo lagunare. A volte si incontrano anche radule.

Sempre fra le forme isolate di piccole dimensioni ricordo gli Pteropodi, che sono organismi pelagici: marne a Pteropodi sono caratteristiche del Langhiano del Piemonte e dell'Appennino.

Se nei residui di lavaggio i gusci dei Molluschi si presentano rotti, allora è ben difficile poterli classificare, anche approssimativamente.

Il riconoscimento dei Molluschi in sezione sottile presenta molti aspetti problematici. Nelle dolomie e nei calcari triassici e giurassici si riconoscono spesso sezioni di piccoli Gasteropodi o di embrioni di Ammoniti, ma una determinazione è impossibile. Anche i Lamellibranchi sono difficili da riconoscere, in sezione. Le associazioni più tipiche sono quelle a *Posidonia* del Giurassico medio-superiore, quelle a Rudiste e ad Inocerami del Cretaceo. A volte le sezioni si presentano ricchissime di questi resti di Lamellibranchi. Le associazioni a *Posidonia* sono caratteristiche soprattutto del Dogger: i sottili gusci di queste forme pelagiche contribuiscono a volte in modo sostanziale alla costituzione della roccia. Nel Trias si possono trovare analoghe associa-

Fig. 104 - Sezione sottile di calcare a *Posidonia* (Dogger).

zioni, ad *Halobia*, caratterizzate anch'esse da una miriade di sottili gusci un poco arcuati. Molti dei reperti fossili descritti come «alghe filamentose» sarebbero da interpretare, secondo un recente studio di **Peyre**, come sezioni di prodissoconche di Lamellibranchi.

Altre associazioni esclusive, o quasi, e di notevole valore stratigrafico nonostante l'impossibilità di raggiungere determinazioni precise sono quelle a frammenti di Rudiste, riconoscibili per l'irregolarità del contorno dei frammenti, per il loro notevole spessore e la zona natura a fasce ondulate, parallele fra loro, e quelle a prismi di Inocerami. Alcune di queste associazioni (es. quelle a Rudiste) sono notevoli anche per il loro significato ecologico.

a b

Fig. 105 - Sezioni trasversale (a) e obliqua (b) di *Dentalium*.

Altri Molluschi che si possono riconoscere in sezione sottile sono i *Dentalium*, (vedi fig. 105) i quali però raramente danno luogo ad associazioni esclusive, e sono comuni specialmente nel Neogene.

g) BRIOZOI

I Briozoi sono fra i resti fossili più abbondanti nei sedimenti marini del Paleozoico; meno abbondanti ma discretamente comuni nel Mesozoico e nel Terziario. I Briozoi sono in grande prevalenza marini: le forme di acqua dolce, mancando di parti solide, non sono adatte alla fossilizzazione.

La forma ed il modo di organizzazione degli **zoeci** in colonie, dette **zoaria**, e i caratteri della struttura interna si possono osservare molto bene in sezione sottile: tali caratteri sono di fondamentale importanza nella classificazione e nell'identificazione dei Briozoi.

Nella fig. 106 è rappresentato in forma schematica lo zoario

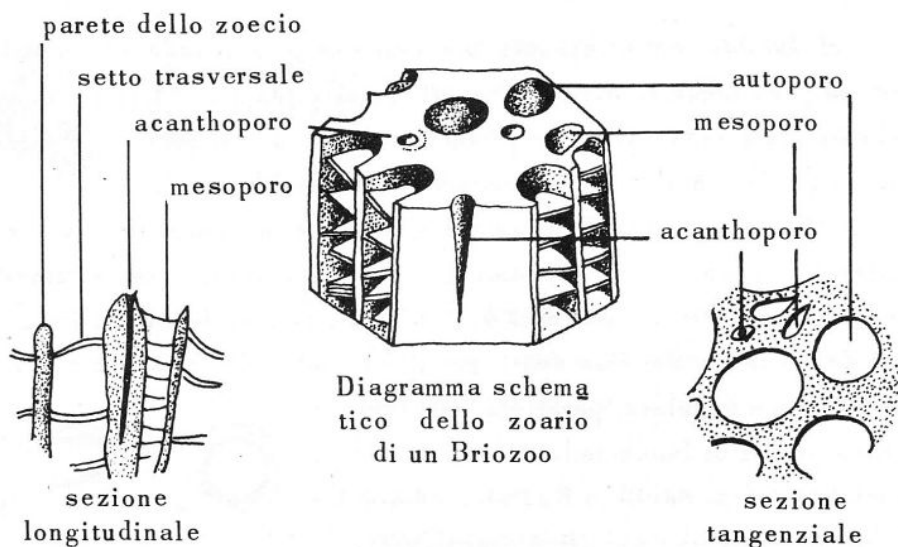



Fig. 106 - Diagramma schematico dello zoario di un Briozoo, ingrandito. Da *Jones* 1956.

di un Briozoo, con la relativa nomenclatura.

h) PESCI

I resti di pesci, che comprendono diverse parti dello scheletro e coproliti, si incontrano comunemente nei sedimenti marini e anche continentali, dal Paleozoico all'Attuale. Essi rappresentano i più comuni, praticamente gli unici, resti di Vertebrati che sono oggetto di studio in micropaleontologia.

I resti di Pesci consistono in denti, squame, otoliti, ossa di vario tipo, coproliti. Il loro studio è possibile solo se si dispone di materiale isolato (residui di lavaggio).

Denti: essi, a causa del loro contenuto in fluoruro di calcio che rende resistentissimo e lucente lo strato esterno, si conservano

con facilità e si incontrano frequentemente nei sedimenti marini di tipo normale, ancora più comunemente in quelli di tipo euxinico, ed occasionalmente anche in depositi d'acqua dolce.

La forma dei denti è molto varia, dalla più comune forma conica a forme a lama, discoidali ecc. Negli Squali sono caratteristici i denti seghettati. I denti hanno una notevole importanza nella classifi-

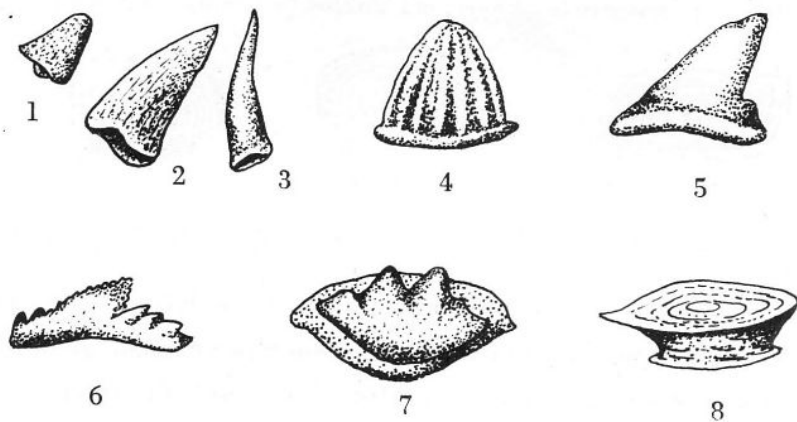



Fig. 107 - Denti (1-6, 8) e piastre dermiche (7) di Pesci. Da *Jones* 1956. 4: *Pterodus*. 5,6: denti di Squali. 8: *Holmesella*.

cazione dei Pesci, come avviene presso tutti i Vertebrati.

Il loro riconoscimento è possibile solo se sono isolati: in questo caso si segue la classificazione in uso nella Paleontologia.

Squame: i principali gruppi di Pesci possiedono dei tipi distinti di squame, che sono considerati come microfossili piuttosto significativi per regioni limitate, in sedimenti mesozoici e terziari. I principali tipi di squame sono tre: **ganoidi, cicloidi** e **ctenoidi**. Gli ultimi due tipi appartengono ai Teleostei. Le squame ganoidi hanno un contorno rombico e sono rivestite di smalto. Le squame cicloidi hanno un contorno circolare, mentre quelle ctenoidi hanno un contorno circolare modificato nella parte posteriore da una serie di plicazioni che danno

luogo a un profilo dentellato.

Risultati straordinari sono stati ottenuti con l'uso delle squame di Pesci nella micropaleontologia stratigrafica dei sedimenti terziari della California. Negli studi di questo genere bisogna disporre di materiale di confronto consistente nelle squame dei Pesci attuali: occorre infatti dimostrare non solo che quei tipi di squame sono associati a diverse famiglie e generi, ma anche la variazione nella forma

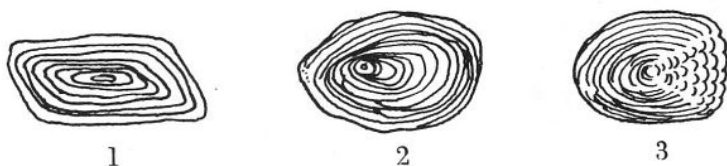



Fig. 108 - Squame di Pesci. Da *Jones* 1956. 1: squama ganoide. 2: squama cicloide. 3: squama ctenoide.

delle scaglie e nelle loro disposizione sulla pelle dello stesso pesce. Nella micropaleontologia stratigrafica le squame vengono generalmente identificate a seconda delle famiglie e dei generi di appartenenza.

Quando non è possibile identificare i rapporti fra le associazioni a squame e determinati pesci, allora vengono usate delle forme-generi.

Nelle associazioni a squame di Pesci, come in quelle a pollini, lo studio deve essere fatto su basi quantitative, partendo da campioni ubicati con precisione, distinguendo le forme dominanti dalle forme accessorie.

Otoliti: gli otoliti sono piastre ossee che fanno parte dell'apparato stato-acustico dei Teleostei. Esse sono composte da carbonato di calcio ed hanno dimensioni variabili da 0,1 a 3 millimetri. Le parti principali di un otolite, secondo **Campbell,** sono il **lapillo,** l'**asterisco** e la **sagitta** (vedi fig. 109, I). La parte più importante di tutte e nello stesso tempo quella che più spesso è conservata, è la **sagitta**

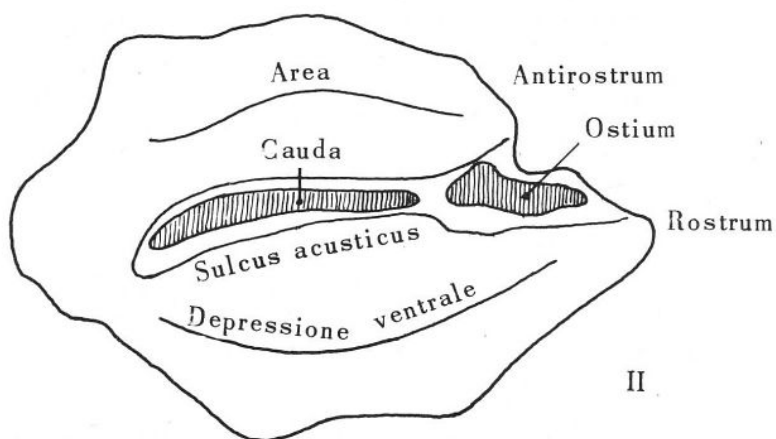
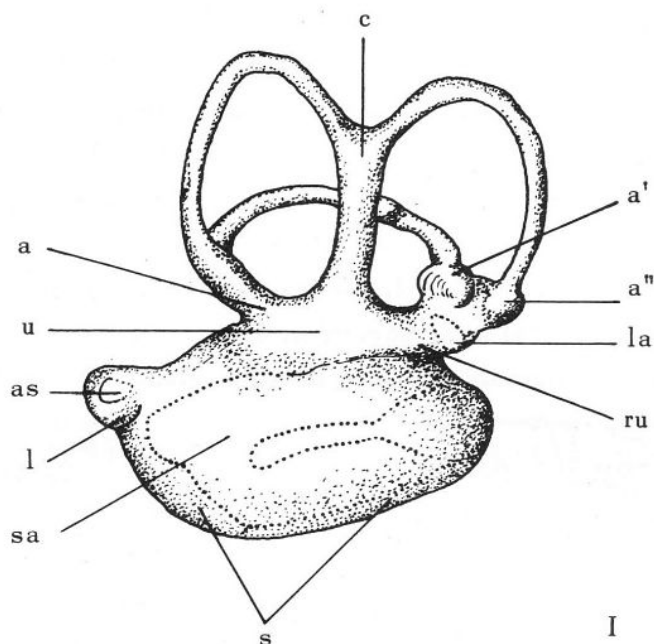



Fig. 109 - Morfologia degli Otoliti. Da *Pokorny* 1958, semplificato.

I. Schema dell'apparato stato-acustico di *Labrax lupus*. - a, a', a" - ampolle alla base dell'arco; as - asterisco; c - commissura; l - lapillus; la - lagena; ru-recessus utriculi; s - sacculus; sa - sagitta; u - utriculus.

II. Veduta interna di un otolite sinistro

nella quale si distinguono, lungo la periferia, l'**antirostrum** ed il **rostrume,** nella parte interna, un solco mediano allungato, distinto in **cauda** e **ostium,** e una depressione centrale (vedi fig. 109, II).

Per la nomenclatura degli otoliti, si usano, quando è possibile, i nomi generici e specifici. Se il genere di appartenenza è sconosciuto, è invalso il costume di sostituire il nome generico col nome *Otolithus*, seguito dal nome specifico. Se è possibile classificare la forma in una determinata famiglia, allora si mette il nome della fami-

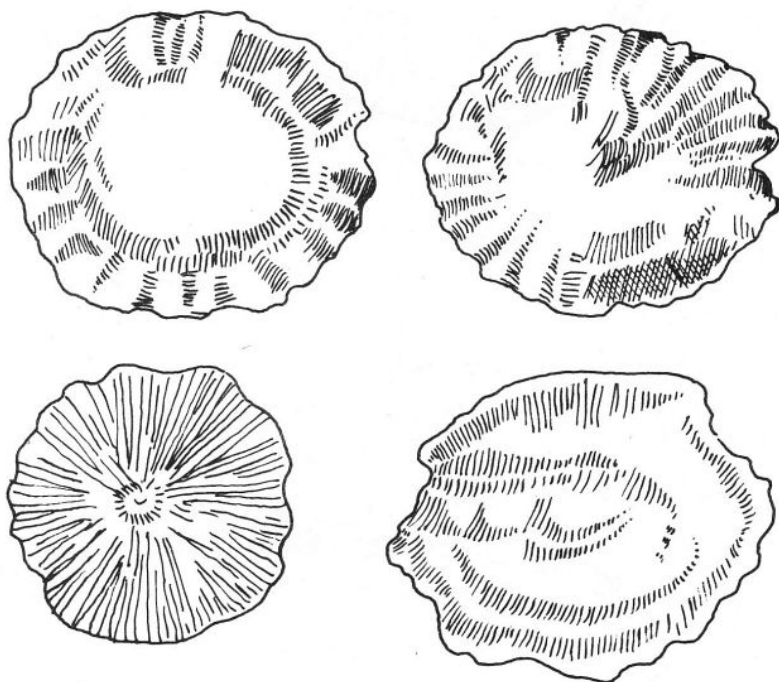



Fig. 110 - Otoliti di Teleostei.

glia, al genitivo, dopo il nome *Otolithus,* fra parentesi. Una specie di otolite appartenente alla famiglia *Berycidae*, per esempio, viene chiamato *Otolithus (Berycidarum) hammoorensis.*

Gli otoliti hanno spessevolte un preciso valore stratigrafico. Nella Gulf Coast, nell'Estremo Oriente (Sumatra), nel Permiano della

Boemia, nel Mesozoico della Germania sono state descritte associazioni a otoliti utilizzabili per correlazioni.

In Italia ricche associazioni a otoliti sono note nel Miocene superiore in facies euxinica («tripoli»). Più raramente si incontrano otoliti in altri sedimenti, specialmente di età terziaria, ma il loro studio finora non è stato intrapreso, anche perchè si trovano in associazione con abbondanti e caratteristiche popolazioni a Foraminiferi.

Col nome di **ossiculiti** sono stati recentemente descritti da **Frizzell** ed **Exline** dei minuscoli e rarissimi microfossili dell'Eocene medio del Texas. Questi microfossili, ritenuti precedentemente come problematica, assomigliano per il loro aspetto generale ai gastroliti di Crostacei (vedi pag.149). Sono forme calcaree, minute (da 0,05 a 0,5 millimetri) piano-convesse, ellittiche o irregolari, molto variabili nelle dimensioni e nella forma.

Sono connessi agli otoliti nel modo seguente: sviluppati entro al sacculus, adiacenti al lato esterno della sagitta, possono essere formati entro alla lagena, come è mostrato in particolare da un asteriscus con ossiculiti fuso alla sua superficie esterna.

Ossiculiti sono stati trovati nel labirinto facente parte dello apparato uditivo di sette specie di Teleostei appartenenti a due diversi ordini. **Frizzell** ed **Exline** hanno descritto tre esemplari di ossiculiti fossili, provenienti dall'Eocene del Texas.

Altri resti di Pesci, oltre ai denti, alle squame, agli otoliti ed ossiculiti, consistono in frammenti di ossa o minute ossa intere, soprattutto costole (spine) e vertebre. Si trovano nei sedimenti marini e anche non marini, e sono a volte abbondantissimi, come nei depositi fosfatici. Non risulta che abbiano un valore stratigrafico nella micropaleontologia applicata.

Ricordiamo infine i **coproliti** di Pesci che, come quelli di Crostacei, si trovano piuttosto raramente nei sedimenti mesozoici e terziari. Essi appaiono come oggetti allungati subcilindrici od ovoidali di colore nero o bruno o verdastro, molto lisci. A volte sulla superficie si notano striature spiralate. Non risulta che i coproliti di Pesci, a differenza di quelli di Crostacei, abbiano un definito valore stratigrafico.

i) CONODONTI

I Conodonti sono microfossili molto importanti stratigraficamente e ben conosciuti (assommano a parecchie centinaia le pubblicazioni scientifiche riguardanti i Conodonti), ma la loro posizione sistematica appare tuttora incerta. Si tratta di un grosso problema ancora insoluto, poichè non è chiaro se essi rappresentino resti di Vertebrati o di Invertebrati. (processi dentali di Ciclostomi ?)

I Conodonti si presentano in forma di denti isolati più o meno conici (donde il nome), o di mascelline dentate, di dimensioni variabili fra 1 e 4 millimetri; sono costituiti da fosfato di calcio, di colore da giallo a bruno scuro. Si trovano isolati o appaiati, come fossero due mascelle accoppiate; sono contenuti prevalentemente in ardesie, ma anche in argille, arenarie, conglomerati, calcari. Lo studio dei Conodonti viene effettuato esclusivamente su esemplari isolati, mentre non ne è possibile il riconoscimento in sezione sottile. La preparazione del residuo di lavaggio presenta dei problemi specialmente quando le rocce da trattare sono calcaree. Per questo occorre seguire particolari tecniche di laboratorio.

Morfologia

Prescindendo dalla posizione sistematica dei Conodonti, secondo gli autori moderni essi si possono distinguere in due gruppi principali in base alla loro struttura interna: Conodonti lamellari e Conodonti fibrosi. I Conodonti fibrosi, assai più rari e meno conosciuti di quelli lamellari, rappresentano un gruppo primitivo (la loro distribuzione stratigrafica è limitata all'Ordoviciano) e si ritiene che possano appartenere a un gruppo di animali diverso da quello da cui traggono origine i Conodonti lamellari.

La caratteristica fondamentale dei Conodonti lamellari è quella della costituzione a lamelle concentriche dei denti, come si può osservare in sezioni sottili orientate (vedi fig. 111). Le lamelle sono separate da spazi interlamellari vuoti, che comunicano con l'esterno nella parte basale, e che sono assai più sviluppati delle lamelle stesse negli stadi giovanili, mentre tendono a ridursi di dimensioni per l'ingrossamento progressivo delle lamelle in conseguenza dell'accrescimento individuale. Ricerche recenti hanno dimostrato che la struttura lamellare dei Conodonti non è centripeta, come nei denti, ma avviene per l'aggiunta di nuove lamelle verso l'esterno e che i Conodonti erano in grado di rigenerare le parti rotte (vedi **Pokorny**).

Fig. 111 - Struttura interna dei Conodonti. a = fibrosa; b = lamellare.

I Conodonti lamellari si possono suddividere in tre gruppi, in base alle loro caratteristiche morfologiche:

- il primo gruppo è costituito dai Conodonti di tipo Distacodide, caratterizzati da un unico dente conico;

- il secondo gruppo comprende i Conodonti formati da un supporto allungato, munito di numerosi dentini;
- il terzo gruppo comprende i Conodonti con base larga, fatta a piattaforma.

Benchè non si conosca la funzione che avevano i resti scheletrici in parola, pure la terminologia usata per la descrizione dei Conodonti è tale da supporre che essi, a mò di denti isolati o di mascelle, facessero parte dell'apparato masticatore di un gruppo di animali. Per orientare correttamente i Conodonti, le cuspidi vanno rivolte verso lo alto. Il lato inferiore, che è piatto o concavo, è detto basale o abora-

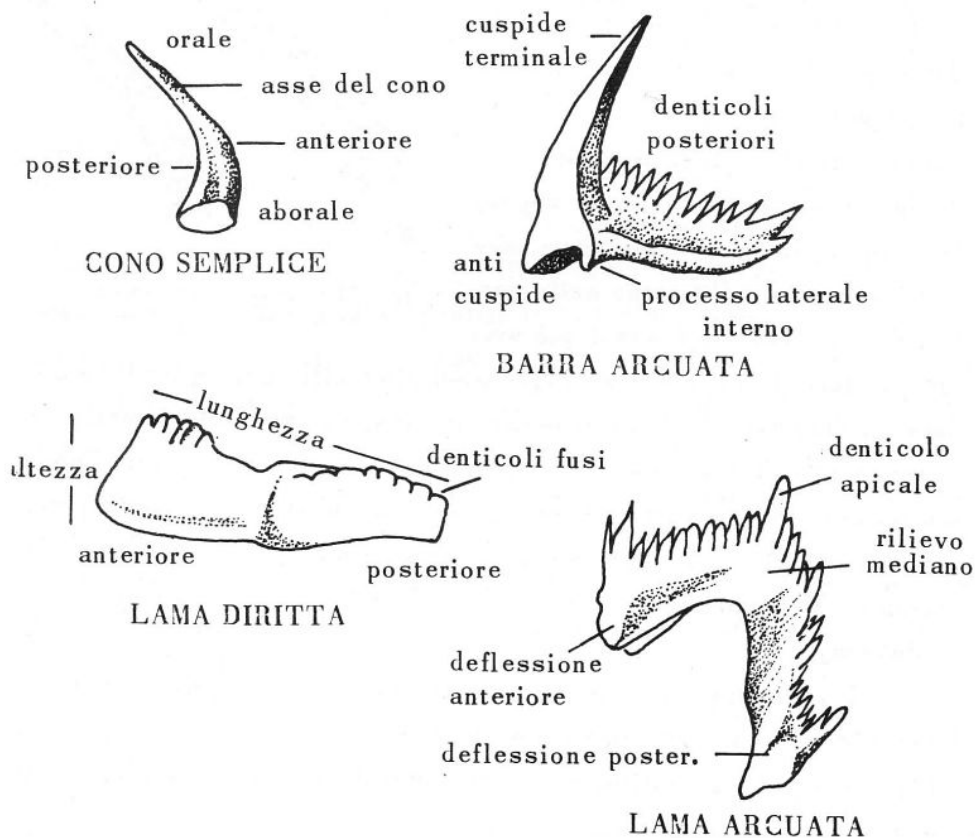



Fig. 112 - Morfologia dei Conodonti. Da *Jones* 1956, semplificato.

le; quello superiore, munito di denti, è detto lato distale od orale.

Per distinguere la parte anteriore da quella posteriore si tengono presenti le seguenti regole: i denticoli di un Conodonte sono piegati verso la parte posteriore. La cuspide principale, per i tipi che ne sono provvisti, è pure rivolta all'indietro. Nei tipi a forma di foglia, l'estremità più alta è quella anteriore; nei tipi a piattaforma l'estremità anteriore è quella in direzione della «carena» libera; nelle forme simmetriche naturalmente non si può distinguere un'estremità anteriore da una posteriore.

I Conodonti, originariamente, sono stati descritti a paia: in ogni paio si distingue un Conodonte destro e uno sinistro. Per distinguerli si tiene conto che il lato interno è quello concavo, o quello munito di una punta o di un orlo o di un disco laterale.

La morfologia dei Conodonti fibrosi non è ancora completamente conosciuta: essi sono costituiti insieme da lamelle e da fibre. La loro costituzione chimica è simile a quella dei Conodonti lamellari.

Ecologia

Benchè non si conoscano gli organismi ai quali appartenevano i Conodonti e neppure la funzione da essi adempiuta (secondo alcuni autori si tratterrebbe di piastre dermiche), pure si può dire qualche cosa sulla ecologia di tali organismi. E' infatti accertato che la maggior parte dei sedimenti contenenti associazioni a Conodonti presentano carattere marino. Vi sono però reperti frequenti, specialmente nel Carbonifero superiore, nei quali la sedimentazione è di tipo lagunare. In generale si tratta di depositi di tipo costiero.

Data la grande diffusione geografica di alcune specie (vi sono specie di Conodonti lamellari comuni all' America settentrionale, alla

Europa e all'Australia) e l'indipendenza delle associazioni dalla natura della sedimentazione, è logico ritenere che gli animali che portavano i Conodonti fossero liberi muotatori (necton).

Distribuzione stratigrafica

I Conodonti, i cui reperti in Italia, finora non sono numerosi (Devoniano della Carnia e della Sardegna, Trias dolomitico) sono fossili di grande valore stratigrafico, che hanno avuto la loro massima diffusione e sviluppo nel Paleozoico.

I primi Conodonti si trovano nel Cambriano superiore dell'America settentrionale, e appartengono a tipi semplici, con denti conici. Nell'Ordoviciano (= Siluriano inf.) i Conodonti raggiungono il loro massimo di frequenza. E' caratteristica la presenza di Neurodontiformi (Conodonti fibrosi) che sono esclusivi di questo periodo, mentre cominciano ad apparire le prime forme a simmetria bilaterale.

Nel Devoniano medio sono piuttosto caratteristiche le specie appartenenti ai generi *Polygnathus* e *Icriodus*, del tipo a piattaforma.

Il secondo periodo di massimo sviluppo dei Conodonti è il Devoniano superiore, nel quale si trovano associazioni ricche di specie e di individui. Ai generi derivati da *Polygnathus* appartengono specie di alto valore stratigrafico, avendo avuto vita brevissima; esse costituiscono dei fossili-guida adatti a istituire zone faunistiche.

Nel Devoniano superiore compaiono i primi appartenenti alle *Gnathodontidae*. Nel Carbonifero, estinti ormai o in forte decadenza i gruppi più primitivi, si sviluppano *Polygnathidae* e *Gnathodontidae*. Nel Carbonifero superiore compare il genere *Gondolella*, che si sviluppa poi nel Permiano, raggiungendo il Trias.

Le faune del Permiano e ancor più quelle del Trias sono in

complesso povere, mentre le specie non hanno più una distribuzione stratigrafica tanto limitata da farne degli ottimi fossili. Fino a pochissimi anni fa si riteneva che i Conodonti fossero estinti completamente nel Trias, ma recentemente **Diebel** ha descritto una microfauna a *Prioniodidae* e *Polygnathidae* da lui ritenuta in posto nel Cretaceo superiore del Kamerun.

Posizione sistematica e classificazione

Abbiamo visto più indietro come la posizione sistematica dei Conodonti, nonostante l'abbondante letteratura che li riguarda, sia tuttora incerta. Non si sa se siano resti di Vertebrati (Pesci?), di Cordati o di Vermi, analogamente agli Scolecodonti. Non si sa nemmeno quale funzione adempissero nell'organismo che li portava (denti o piastre dermiche?). E' ritenuto dai più che i Conodonti rappresentassero l'unica parte dura nel corpo degli animali che li portavano, data la mancanza di altri reperti in associazione con essi. Nel secolo scorso i primi studiosi che si occuparono dei Conodonti erano propensi a ritenerli come resti (mascelline) di Vermi. Successivamente prevalse l'idea che si trattasse di resti di Vertebrati: **Ulrich** e **Bassler,** che nel 1926 pubblicarono uno studio monografico sui Conodonti, classificandoli in modo formale, ritenevano che si trattasse di resti di Pesci. Oggi alcuni studiosi recenti (fra questi l'americano **Rhodes**) tendono di nuovo a ritenere i Conodonti come appartenenti ad organismi simili ai Vermi, e adducono numerosi argomenti a riprova dell'assunto: fra questi ricordo la mancanza di altri reperti in associazione ai Conodonti, il che dimostrerebbe che si tratta di organismi sprovvisti di ossa; la possibilità di rigenerare le parti rotte o perdute ecc.

La classificazione di **Ulrich** e **Bassler,** pur essendo formale,

segue le regole della nomenclatura zoologica internazionale. Sono distinte 4 famiglie (Distacodidae, Prioniodidae, Prioniodinidae, Polignathidae) e 34 generi, che vanno dalle forme più semplici e più primitive a quelle più complesse e recenti.

Particolare interesse rivestono le ricerche di **Rhodes** (1952): questo studioso trovò delle associazioni nelle quali Conodonti appartenenti a specie e generi diversi (secondo la classificazione formale) sono raggruppati in un modo apparentemente naturale, come facessero parte di un unico individuo. **Rhodes** propose quindi dei «generi naturali» ciascuno dei quali comprende diversi «generi formali». Così

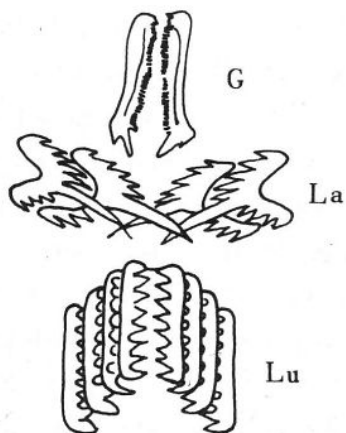



Fig. 113 - *Illinella*, uno dei generi «naturali» istituiti da *Rhodes*. E' costituito da un paio di *Gondolelle* (G), da due paia di *Lonchodine* (La) e da quattro paia di *Lonchodus* (Lu).

per esempio il genere (naturale) *Illinella* Rhodes 1952, del Carbonifero superiore americano, è costituito da un paio di *Gondolella*, due paia di *Lonchodina* e quattro paia di *Lonchodus* (vedi fig. 113).

La maggioranza degli autori però segue la classificazione formale, che è stata ampliata da **Branson** e **Mehl** nel 1944 nel modo seguente:

ordine *Conodontophorida* Eichenberg 1930

sottordine *Neurodontiformes* (Conodonti fibrosi)

Sviluppati dall'Ordoviciano inferiore al superiore, con massimo svi-

luppo nell'Ordoviciano medio. Vengono distinte le famiglie:

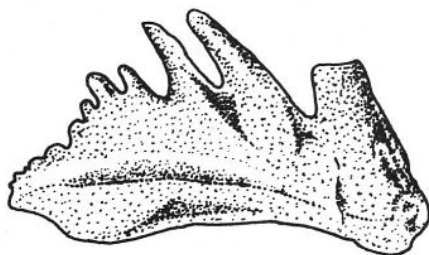
Coleodontidae con due generi *(Coleodus* e *Neocoleodus)*;

Chirognathidae con tre generi *(Chirognathus, Leptochirognathus e Stereoconus)*;

Trucherognathidae con due generi.

sottordine *Conodontiformes* (Conodonti lamellari)

Sviluppati dall'Ordoviciano inferiore al Trias; anche nel Cretaceo superiore africano (?).

Vengono distinte cinque famiglie:

Neocoleodus

Chirognathus

Fig. 114 - Tipi di Conodonti fibrosi.

Distacodidae: coni semplici, curvi, con una base più o meno allargata, profondamente scavata. Vanno dall'Ordoviciano inferiore al Siluriano medio, e comprendono 8 generi.

Fig. 115 - Tipi di Distacodidae.

Prioniodidae: unità dentarie a forma di barra, caratterizzate da una cuspide principale portata ad una estremità (quella anteriore), seguita generalmente da una serie di denticoli. Dall'Ordoviciano inferiore al Trias (17 generi).

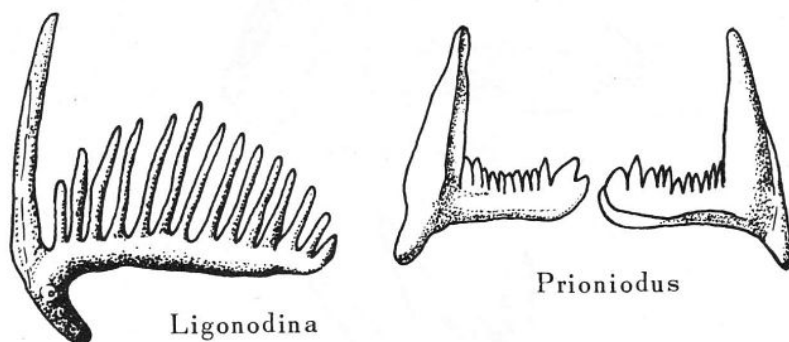



Fig. 116 - Tipi di Prioniodidae.

Prioniodinidae: unità dentarie arcuate, a forma di barra o di lama, con numerosi denticoli dei quali uno (in posizione mediana, comunque non periferica) è più sviluppato degli altri. Diffusi dall'Ordoviciano al Trias (secondo **Diebel** anche nel Cretaceo). A questa famiglia vengono attribuiti 17 generi.

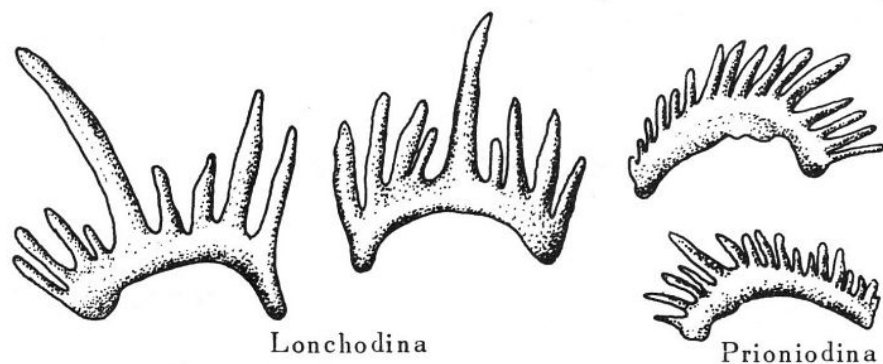



Fig. 117 - Tipi di Prioniodinidae.

Polygnathidae: unità dentarie a forma di foglia, con simmetria bilaterale in alcuni elementi. E' sviluppata una cresta mediana che può svilupparsi e formare una « carena » libera; la superficie aborale possiede una piccola cicatrice di attacco nella parte mediana della piastra. Questa famiglia, che comprende 11 generi, è diffusa specialmente dal Devoniano al Trias (Cretaceo africano?).

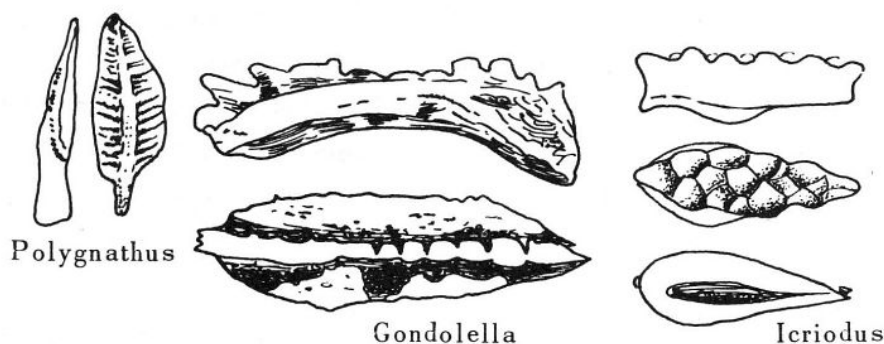
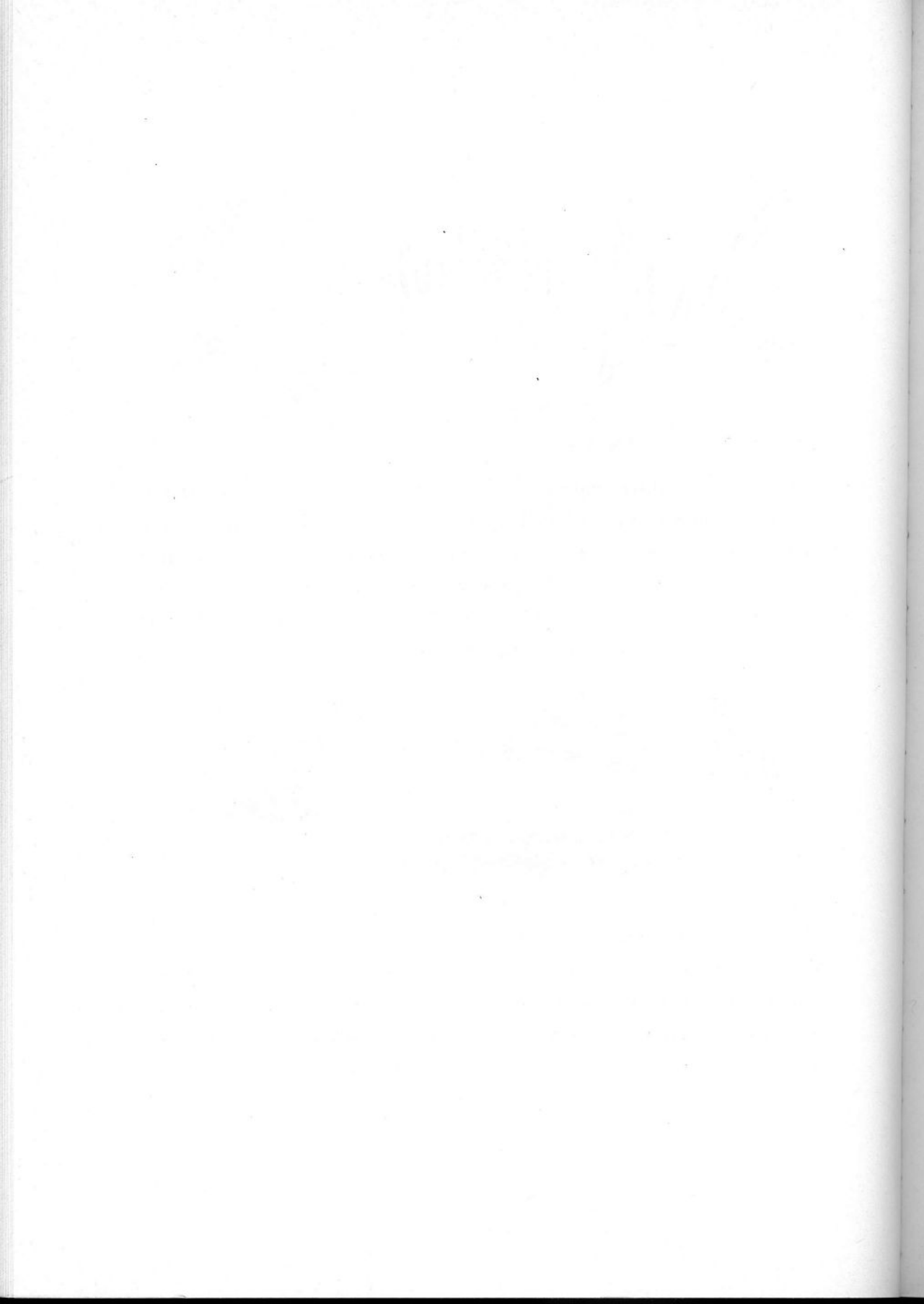



Fig. 118 - Polygnathidae *(Polygnathus, Gondolella)* e Gnathodontidae *(Icriodus)*.

Gnathodontidae: unità dentarie a forma di piattaforma allungata o di truogolo, con una lama anteriore; ampiamente scavate sul lato aborale. Questa famiglia, che comprende 7 generi, è diffusa dal Devoniano al Permiano.

ORGANISMI MICROSCOPICI

A) OSTRACODI

Gli Ostracodi sono i microfossili più importanti dopo i Foraminiferi. Si tratta di un gruppo di Crostacei il cui corpo è racchiuso in un guscio costituito da due valve articolate e mobili, analogamente alle valve dei Lamellibranchi.

Le dimensioni degli Ostracodi variano in media fra il mezzo millimetro e il millimetro, ma possono anche, in alcuni casi, superare il centimetro. Le forme di grandi dimensioni sono specialmente paleozoiche;fra quelle viventi le specie che si avvicinano al centimetro sono o pelagiche o d'acqua dolce.

Gli Ostracodi vivono attualmente in acque marine e dolci e si ritrovano allo stato fossile in sedimenti di tutti i tipi e di tutte le età, a partire dall'Ordoviciano.

Analogamente ai Foraminiferi, e a differenza di altri microfossili, possono essere bentonici o pelagici.

Morfologia

Nell'animale vivente il guscio (**carapace**) racchiude un corpo indistintamente segmentato al quale è fissato in una regione compresa tra la testa e il tronco. La parte anteriore del corpo (il cefalotorace) è provvisto di sette paia di appendici. Quattro paia (antennule, che possono funzionare come organi di senso, di moto e di presa, an-

tenne, di solito usate per la locomozione, mandibole, che servono per la presa del cibo e mascelle) sono fissate nella regione cefalica. Le altre tre paia di appendici (zampe) sono attaccate al torace. Notiamo che il numero di appendici degli Ostracodi è inferiore a quello di tutti gli altri Crostacei. L'addome termina posteriormente con una furca la cui funzione è quella di facilitare l'affondamento nel fango. Alcuni Ostracodi sono provvisti di occhi, situati all'interno del guscio, nella parte antero-dorsale, dove le valve presentano delle «macchie oculari» trasparenti nel vivente. Il movimento delle valve è reso possibile dalla presenza dei muscoli adduttori fissati da una parte al corpo

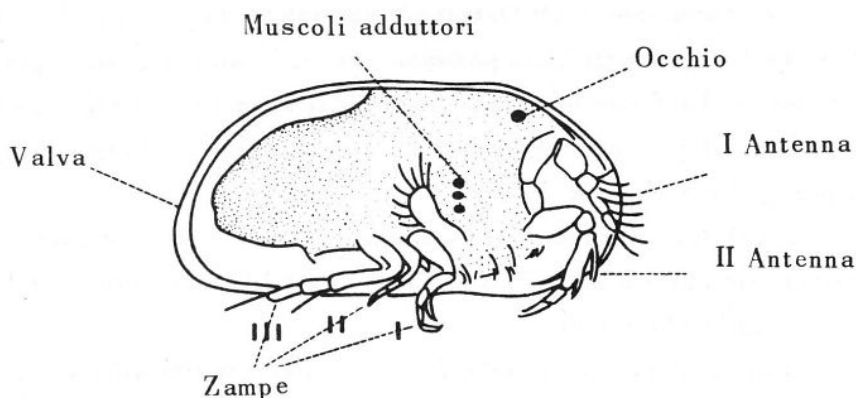



Fig. 119 - *Cyprideis torosa* Jones, x 50. Veduta schematica dell'animale avendo tolto la valva destra. Da *Grekoff* 1960, adattato.

dell'animale e dall' altra all'interno del guscio, di un legamento dorsale e della cerniera.

Negli Ostracodi i sessi sono distinti; tuttavia la partenogenesi è frequente ed in alcune specie è il solo modo di riproduzione essendo i maschi sconosciuti. La uova sono portate dentro le valve della femmina, sopra il corpo o sono deposte libere nell'acqua o sopra pian-

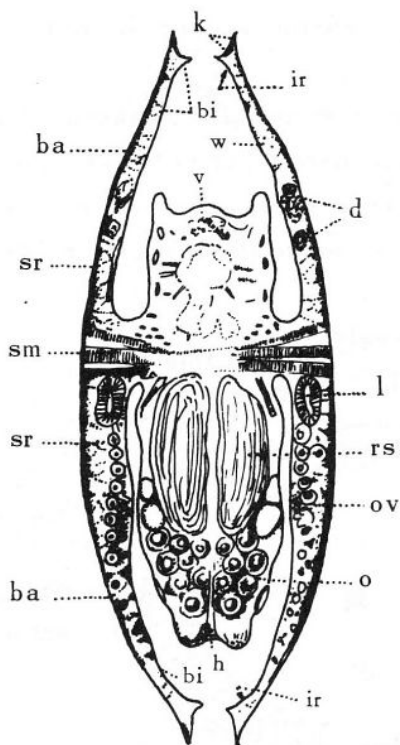



Fig. 120 - *Hungarocypris madaraszi* (Orley). Sezione frontale di un individuo femminile. Da *Freund* 1958. ba = lamella esterna; bi = lamella interno; k = parte calcitizzata della lamella interna; w = parte molle della lamella interna; ir = margine interno; sm = muscoli adduttori; sr = cavità della conchiglia; d = ghiandole; l = sacco del fegato; ov = Ovarium; o = uova; rs = Receptaculum seminis; v = estremità anteriore del corpo (testa); h = estremità posteriore del corpo (addome).

te acquatiche. Alcune specie sono vivipare. Dalle uova escono larve già racchiuse in un guscio bivalve ed aventi 3 paia di appendici (stadio di nauplius). Attraverso mute successive, che variano da un minimo di 5 ad un massimo di 11, si compie il ciclo vitale di questi organismi.

Guscio o carapace

Dal punto di vista paleontologico la parte più importante degli Ostracodi è il guscio o carapace, essendo l'unica che si presta alla fossilizzazione. Esso si compone di due valve asimmetriche, spesso anche discretamente differenziate la destra dalla sinistra, che si ar-

ticolano per mezzo di una cerniera e si sovrappongono in vario modo lungo i margini.

Le valve sono complessivamente semplici, non hanno strutture interne complesse e si distinguono unicamente per la loro morfologia. Per questo lo studio degli Ostracodi può essere affrontato solo su esemplari isolati, mentre il loro riconoscimento in sezione sottile è assai problematico.

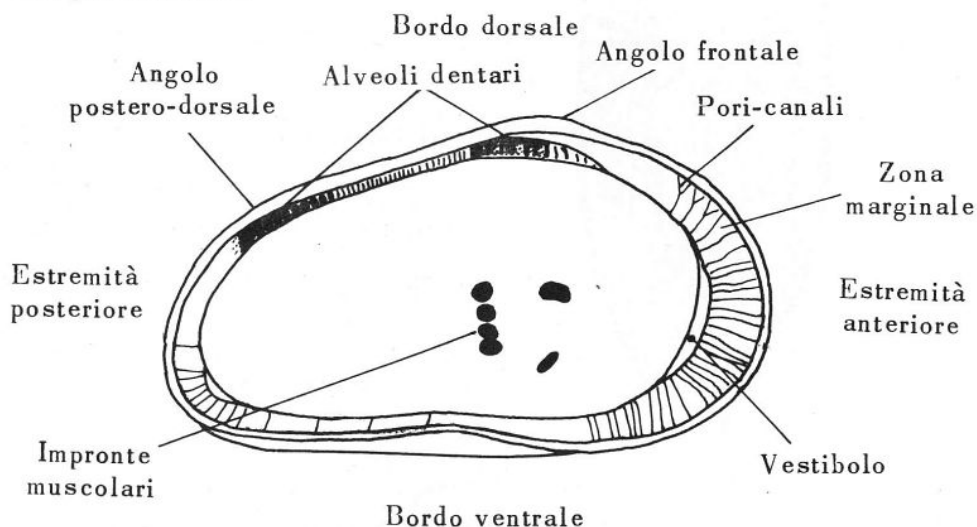



Fig. 121 - Valva sinistra di *Cytheridea mulleri* (Munster) vista dall'interno, x 100. Adattato da *Grekoff* 1960 (schematizzato da *Kollmann*).

Il guscio degli Ostracodi viventi è formato da tre parti: a) da uno strato esterno chitinoso, b) da una **lamella esterna** calcarea, c) da una **lamella interna** chitinosa ad eccezione dei bordi che sono calcificati.

Il piano di contatto dei due strati del guscio si chiama **linea di concrescenza.** La lamella interna può essere mineralizzata oltre la linea di concrescenza, formando una duplicatura (vedi fig. 122). Si chiama flangia la parte libera della duplicatura: essa delimita uno spa-

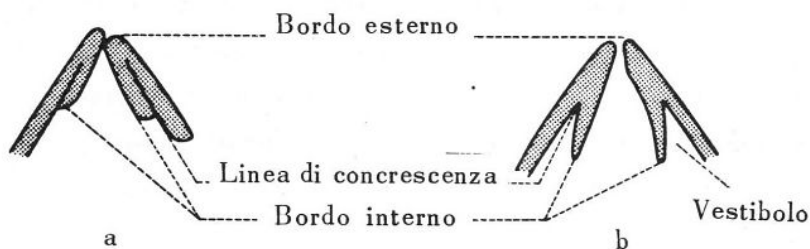



Fig. 122 - Sezione delle zone marginali agli orli liberi. Da *Grekoff* 1960. Il bordo interno e la linea di concrescenza coincidono in a), non coincidono in b). In quest'ultimo caso si ha un vestibolo.

zio libero all'interno del margine ventrale, chiamato vestibolo.

Il guscio è attraversato da pori, detti **poricanali** disposti perpendicolarmente rispetto alla superficie del guscio: attraverso questi pori sporgono nelle forme viventi sottili peli connessi con organi di senso dell'animale.

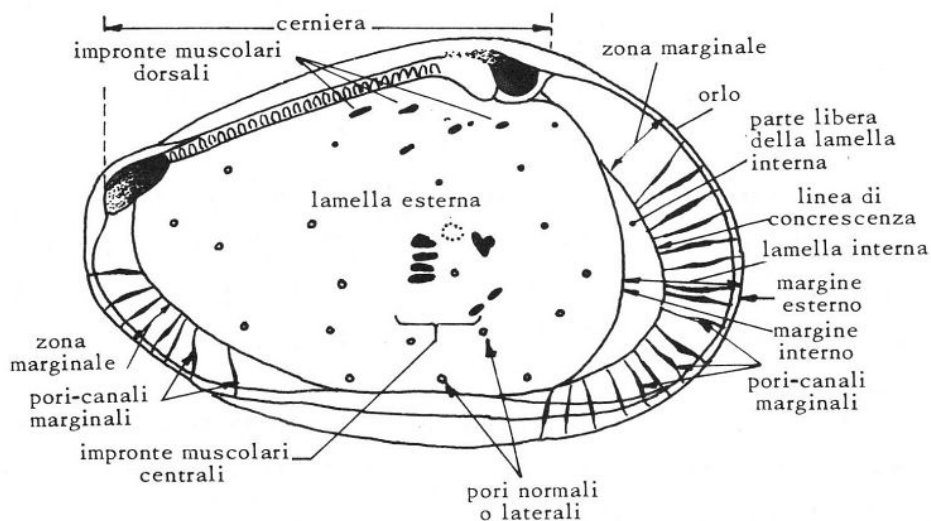



Fig. 123 - Valva sinistra di un Ostracode, vista dall'interno, con l'indicazione dei principali elementi strutturali. Da *van Morkhoven* 1962.

Vengono detti canali radiali o poricanali marginali (v.fig..123) i canali che percorrono la zona marginale interna. Il guscio ha generalmente forma ovata o reniforme, ma può essere appuntito ad una estremità. In ogni valva si distinguono il bordo dorsale o della cerniera, il bordo ventrale opposto al precedente (v. fig. 124), il bordo anteriore e quello posteriore.

Per descrivere e classificare gli Ostracodi è importante innan-

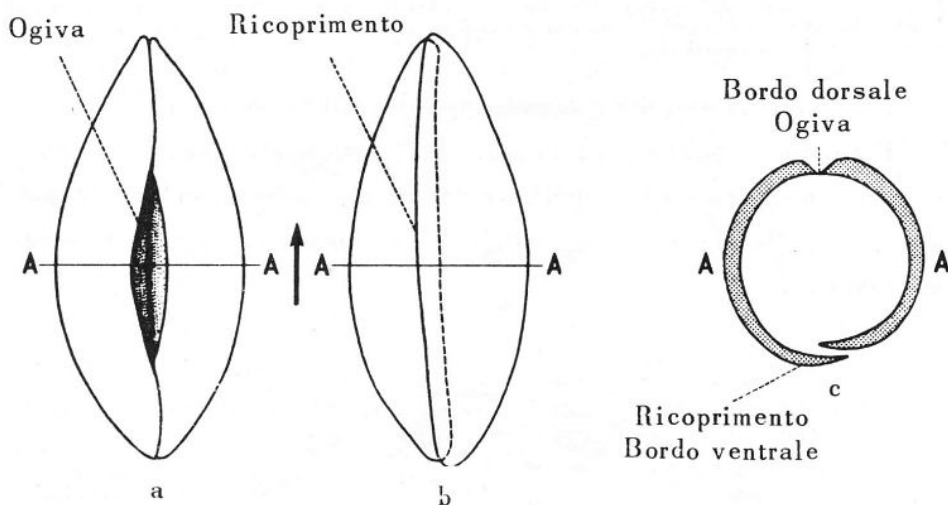



Fig. 124 - Distinzione del lato dorsale (a), che presenta una caratteristica ogiva, da lato ventrale (b) nel quale si osserva il ricoprimento di una valva sull'altra. Quest caratteri si osservano molto bene in una sezione trasversale (c). Da *Grekoff* 1960.

zitutto orientare correttamente le valve che, come abbiamo visto, sono generalmente asimmetriche, in modo da distinguere il bordo anteriore da quello posteriore (vedi figg. 125 e 126). Si nota che:

a) nella maggior parte dei casi il guscio osservato di lato presenta l'estremità anteriore più alta di quella posteriore e questa è in genere più appuntita di quella;

b) le impronte muscolari lasciate dai muscoli adduttori sull'inter-

no delle valve sono tra i più sicuri ed importanti elementi per l'orientamento del guscio. Essi si trovano di preferenza nelle parti antero-dorsali o anteriori delle valve;

c) le ornamentazioni più notevoli del guscio (forti spine, grandi tubercoli, ecc.) sono dirette verso l'indietro;

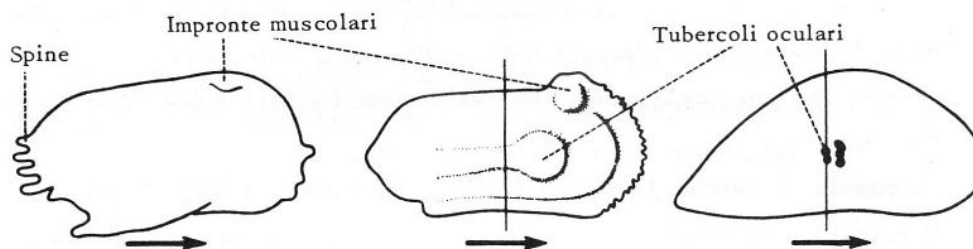



Fig. 125 - Orientazione delle valve degli Ostracodi (vedute laterali). Da *Grekoff* 1960. Le frecce sono rivolte verso la parte anteriore.

d) la cerniera presenta gli elementi anteriori più sviluppati nei confronti di quelli della parte posteriore.

Un altro carattere di notevole importanza tassonomica nella

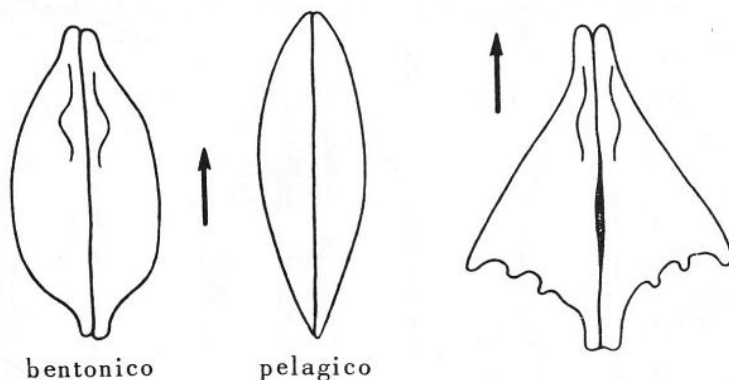



Fig. 126 - Orientazione del carapace degli Ostracodi (vedute dorsali). Da *Grekoff* 1960. Negli Ostracodi bentonici l'estremità posteriore è rigonfia; in quelli pelagici è invece affilata; le forme munite di ali presentano una forma a freccia, la cui punta è rivolta in avanti.

classificazione degli Ostracodi è il tipo di articolazione della cerniera. L'articolazione può variare dalla semplice sovrapposizione delle valve a delle complesse disposizioni con denti e fossette. I tipi principali di articolazione sono i seguenti:

adonte: mancano denti propriamente detti, e le valve si accostano semplicemente, si sovrappongono una sull'altra o si articolano lungo una scanalatura sul bordo dorsale della valva più grande, alla quale corrisponde una prominenza sull'altra valva (es. Cytherellidae, Bairdiidae ecc.),

taxodonte: o **merodonte:** denti crenellati in corrispondenza degli angoli cardinali, ai quali corrispondono cavità sulla valva opposta. Lungo il margine cardinale vi può essere una scanalatura e opposta sporgenza, come nel caso precedente (Cytheridae, pars),

eterodonte: o **amphidonte:** denti forti, appuntiti, lisci e leggermente crenellati nelle regioni degli angoli apicali di una valva - di solito la destra - e riuniti da una scanalatura cesellata o liscia. Sulla valva opposta negli angoli cardinali si hanno le fossette dove si incastrano i denti. I denti sono riuniti da una cresta cesellata o liscia che si articola con la scanalatura dell' altra valva (es. Cytheridae pars, Trachyleberidae).

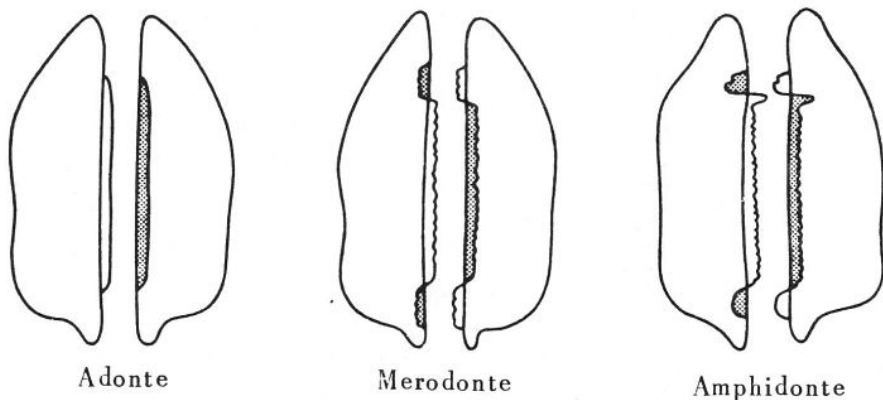



Fig. 127 - Principali tipi di articolazione negli Ostracodi. Da *Grekoff* 1960.

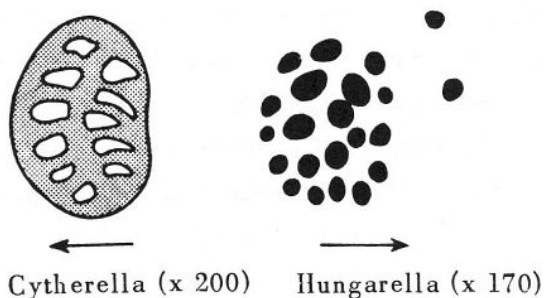



Fig. 128 - Impronte muscolari principali in alcuni Ostracodi appartenenti al sottordine *Platycopa*. Da *Grekoff* 1962, modificato.

L'ornamentazione del guscio può consistere di spine, costole, ali, dentelli ecc. (v.figg.135,137): quando è presente, costituisce un ottimo carattere tassonomico. Per quel che riguarda la tessitura del guscio, questo può apparire liscio, punteggiato, cancellato, reticolato, spinoso ecc.

Tutti questi caratteri relativi alla morfologia della parte esterna del guscio oltre ad avere importanza nella classificazione, sono pure utilizzabili nell'interpretazione ecologica delle associazioni a Ostracodi (v. più avanti).

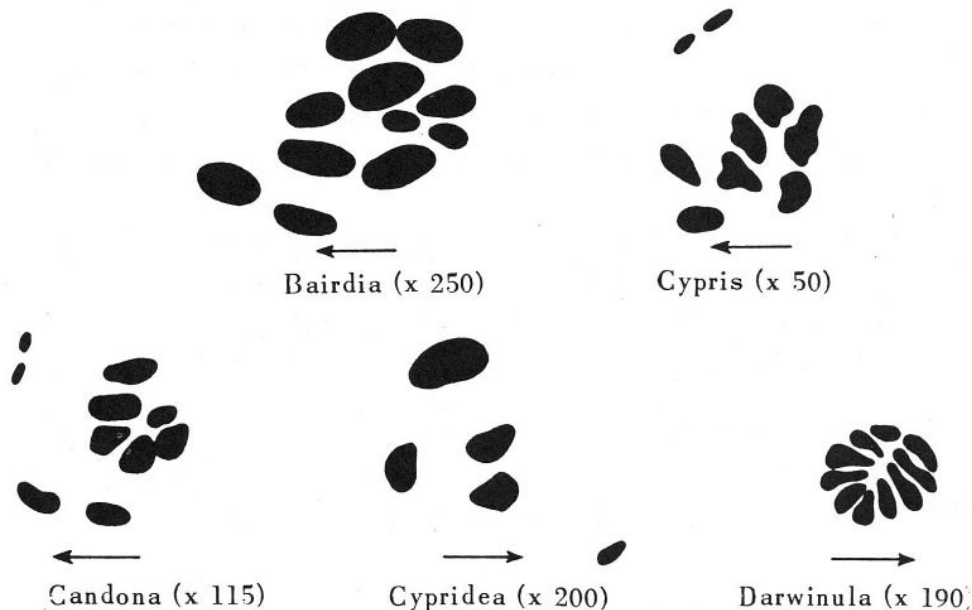



Fig. 129 - Impronte muscolari principali di alcuni Ostracodi appartenenti al sottordine *Podocopa*. Da *Grekoff* 1962, modificato.

Le impronte dei muscoli principali, osservabili sulla parte interna delle valve, rappresentano un carattere tassonomico di notevole importanza negli Ostracodi post-paleozoici (figg. 128-129).

Il *dimorfismo sessuale* degli Ostracodi si riconosce anche dall'esame dei gusci, dato che le valve delle femmine hanno le parti postero-ventrali più rigonfie e più larghe di quelle dei maschi e sono anche più corte.

Quanto abbiamo detto finora circa la morfologia del carapace è valido genericamente per tutti gli Ostracodi, e in particolare per gli Ostracodi post-paleozoici. Le forme paleozoiche, che sono numerosissime ed hanno un grande valore stratigrafico, sono tanto diverse, nella maggior parte dei casi, da quelle più recenti, da meritare un cenno particolare.

Diciamo innanzitutto che tutti i caratteri relativi all ' interno delle valve (cerniera, impronte muscolari, macchie oculari ecc.) passano in seconda linea e spesso non esistono affatto.

La tassonomia degli Ostracodi paleozoici si basa innanzitutto sulla morfologia esterna delle valve, che spesso presentano una scultura molto accentuata, per la presenza di solchi e lobi accentuati, che

Fig. 130 - Numerazione dei solchi (S) e dei lobi (L) negli Ostracodi paleozoici. Gli esemplari figurati appartengono a *Beyrichia dactyloscopica* Martinsson, del Gotlandiano (x 20). Quello di destra possiede una tasca di incubazione. Adattato, da *Grekoff* 1960.

vengono contraddistinti con apposite sigle (vedi fig. 130). La numerazione dei lobi e dei solchi procede dalla parte anteriore verso quella posteriore. Il solco mediano sembra il più importante: esso rappresenta probabilmente la zona di attacco dei muscoli adduttori. Si osserva che nel corso dell'evoluzione degli Ostracodi paleozoici il numero dei solchi e dei lobi tende a diminuire. I lobi rappresentano anche un elemento utile nell'orientamento delle valve: si osserva infatti che la parte inferiore del solco mediano (S2) è incurvata in avanti.

Fig. 131 - Nell'orientare gli Ostracodi paleozoici, occorre tener conto che la parte inferiore del solco mediano (S2) è incurvata in avanti, e che il velum è più completo nella parte anteriore. Da *Grekoff* 1960.

Il bordo dorsale è lungo e diritto, mentre quello ventrale è prevalentemente arrotondato.

Lungo i bordi liberi molte forme paleozoiche presentano una proiezione lamellare chiamata velum o limbo (v. fig. 131); anche questo carattere è utile per l'orientamento delle valve. E' infatti accertato che il velum è generalmente più completo e arrotondato nella parte anteriore, mentre può essere incompleto ed angoloso nella parte posteriore.

La cerniera degli Ostracodi paleozoici è sempre di tipo primitivo (vedi fig. 132).

Il dimorfismo sessuale è assai accentuato. In numerose forme siluriane e devoniane si osservano degli accentuati rigonfiamenti nella parte ventrale delle valve, comunicanti o non con il loro interno, che sono interpretate come tasche di incubazione (brood pouch) (vedi fig. 130).

Fig. 132 - Cerniere di Ostracodi paleozoici. Nella figura a sinistra si osserva un semplice solco (in nero); in quella a destra vi sono due alveoli terminali individualizzati. Da *Grekoff* 1960.

Ecologia

Gli Ostracodi si ritrovano attualmente ed in abbondanza in ambienti sia marini, sia di acqua dolce o di acque salmastre, a salinità quindi differenti ed anche alle più diverse temperature. Per la maggior parte sono bentonici vivendo sul fondo o su piante acquatiche, in minor numero sono planctonici; nell'insieme possono considerarsi onnivori: si nutrono infatti di Alghe, soprattutto di Diatomee, di sostanze organiche in decomposizione, di resti vegetali e di animali microscopici. Alcuni vivrebbero parassiti di nematodi e di alghe unicellulari verdi.

In rapporto alle differenti condizioni ambientali in cui questi organismi vivono si può dire che gli Ostracodi di acqua dolce sono relativamente più grandi e posseggono gusci più sottili e più leggeri delle forme marine. Nello stesso modo gli Ostracodi pelagici marini hanno un guscio più fine e leggero nei confronti delle forme bentoniche e sono più grandi. Sono relativamente rari allo stato fossile a causa della fragilità del loro guscio, che nelle forme di alto mare spesso è poco calcificato. Gli Ostracodi bentonici che vivono sui fondi fangosi hanno guscio con ornamentazioni molto rilevate (a forma di ali, di coste, di spine) per impedire l'affondamento dell'animale e facilitarne il movimento, mentre la fauna dei fondi sabbiosi presenta gusci a punteggiature e reticolazioni poco accentuate.

In genere però si può dire che gli Ostracodi preferiscono le acque calme, senza correnti violente. Sono infatti scarsi o addirittura assenti nei sedimenti grossolanamente detritici quali conglomerati ed arenarie, mentre si incontrano comunemente nei calcari argillosi, nelle marne, negli scisti e nelle rocce un po' silicee. Una abbondanza di $CaCO_3$ ed in genere un aumento di salinità provoca un ispessimento del guscio e favorisce lo sviluppo dell'ornamentazione. Una certa quantità di idrogeno solforato sembra possa essere impunemente sopportata dagli Ostracodi.

Per quanto riguarda la temperatura è stato osservato che gli Ostracodi adulti o anche allo stato di uova possono sopportare a lungo sia congelamento sia disseccamento. In queste condizioni possono essere trasportati dal vento a distanze più o meno considerevoli e - ritrovandosi in condizioni ambientali favorevoli - riprendere il loro sviluppo.

Nei confronti delle faune fossili - in seguito allo studio del mezzo in cui sono state ritrovate e dall' esame delle faune che vi sono associate - si può dire che le faune paleozoiche di acqua dolce dovevano vivere in laghi o stagni poco profondi, fangosi, ricchi in materia organica in decomposizione; quelle marine pelagiche vivevano per lo più in mari a profondità generalmente debole (es. *Entomideae)*, mentre quelle marine bentoniche vivevano in bacini a salinità normale e in grandi lagune o in acque calme, poco profonde vicino alle coste dove esisteva una vegetazione ricca di Alghe.

Per gli Ostracodi post-paleozoici che hanno ancora rappresentanti attuali gli elementi di giudizio sono più sicuri; così si può affermare che le forme marine pelagiche vivevano per lo più alle medie e talora a grandi profondità, quelle bentoniche a profondità variabili e

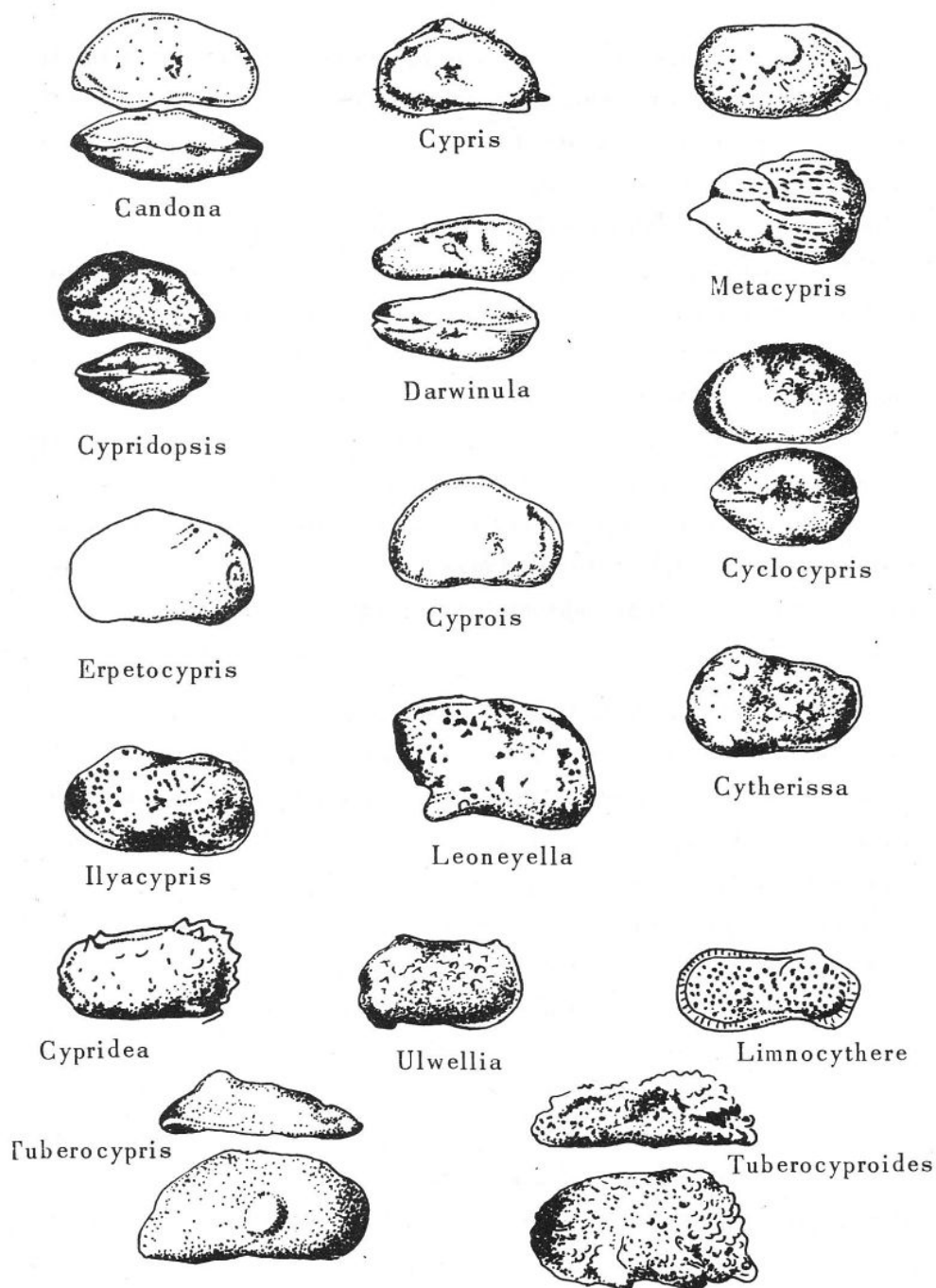



Fig. 133 - Generi rappresentativi di Ostracodi d'acqua dolce. Da *Jones* 1956.

quelle di acque salmastre e di acque dolci erano adattate ai più diversi ambienti (stagni, laghi, estuari, ecc.).

Distribuzione stratigrafica

Ordoviciano. I primi Ostracodi che compaiono a questa epoca sembrano derivati da *Bradorina*, crostacei cambriani aventi caratteri di Ostracodi e di Branchiopodi. Secondo **Ulrich** e **Bassler** (1923) gli Ostracodi avrebbero fatto la loro comparsa nell'Atlantico centrale e meridionale e si sarebbero poi diffusi verso il continente Nord-Americano.

I primi Ostracodi conosciuti appartengono alle *Leperditiida*, che raggiungono il massimo sviluppo nell'Ordoviciano medio-superiore.

Nel *Siluriano* predominano le *Beyrichiida*. In questo periodo sono comuni forme con «tasche di incubazione» considerate indicative di età silurica. Le faune presentano nuovi caratteri e si ha la comparsa di nuovi tipi.

Devoniano. Le Leperditiida sono quasi completamente scomparse; il cambiamento della fauna è qui completato. Alla fine del Devoniano si può dire che i più importanti generi del Paleozoico antico sono scomparsi.

Carbonifero. Le forme marine diventano cosmopolite e sono frequenti forme d'acque dolci e salmastre. E' soprattutto ben rappresentato il gen. *Cypridina.*

Permiano. Si estingue la maggior parte dei generi e delle famiglie paleozoiche.

Mesozoico. Nel Mesozoico si assiste allo sviluppo delle *Cytheridae* e *Cyprididae*. Nei mari del Lias della Europa centrale è ab-

bondante il gen. *Ogmochonca* che in seguito scompare per far posto al-
le *Cytheridae*. Al passaggio dal Giurassico al Cretaceo si assiste al-
l'espansione del gen. *Cypridea* nei bacini purbeckiani e wealdiani del
mondo intero. E' conosciuto infatti in Europa, Africa, Brasile e Ame-
rica del Nord, Canadà. La maggior parte delle *Cytheridae* viventi al-
lora esistono attualmente. Il gen. *Cythereis* è invece tipicamente cre-
taceo.

Terziario. Si hanno poche variazioni generiche; compaiono i
gen. *Cytheretta, Cythere, Trachyleberis;* nel Neogene: *Basslerites, A-
nomocytheridea.*

In genere il valore stratigrafico degli Ostracodi è considerato
minore di quello dei Foraminiferi, non solo a causa della difficoltà
nella determinazione, ma soprattutto perchè numerose famiglie e gene-
ri hanno avuto una lunga vita dal Paleozoico al Recente.

Tuttavia molti generi e soprattutto molte specie hanno una li-
mitata distribuzione verticale e una larga distribuzione geografica che
li rendono preziosi fossili-guida. I generi paleozoici sono soprattutto
utilizzati dagli autori americani a scopo stratigrafico. **Ulrich** e **Bas-
sler** indicano 9 distinte zone ad Ostracodi del Silurico medio di varie
parti del Nord America. Altri AA. ne segnalano per il Mississipiano,
Pennsylvaniano e Permiano del Nord America, come pure nel Cretaceo
della Gulf Coast.

Più che per correlazioni a largo raggio gli Ostracodi riescono u-
tili quanto e forse più dei Foraminiferi per correlazioni locali, dato
che essi possono più facilmente addattarsi alle variazioni delle con-
dizioni ambientali. Sono particolarmente utili nella stratigrafia e per
correlare formazioni in pozzi petroliferi, soprattutto dove sono assen-
ti Foraminiferi ed altri microfossili.

Classificazione

In base alla classificazione di **Bassler** e **Kellett** gli Ostracodi sono stati suddivisi in 4 gruppi principali (superfamiglie) e queste a loro volta in 19 famiglie, comprendenti numerosi generi e specie. Autori successivi quali **Swartz, Kellett, Coryell** e **Malkin, Agnew** e **Cooper** hanno arricchito questa classificazione soprattutto per quanto riguarda gli Ostracodi paleozoici; attualmente di questi si conoscono circa 28 famiglie, 400 generi e 3400 specie. Gli Ostracodi post-paleozoici sono in numero minore e per quanto concerne famiglie e generi si hanno rispettivamente 11 famiglie e oltre 160 generi. Questa classificazione è basata esclusivamente sui caratteri del guscio, unica parte come si è già detto che si ritrova allo stato fossile.

Data la grande differenza esistente tra Ostracodi paleozoici e post-paleozoici, alcuni AA. preferiscono tenere separati i due gruppi e applicare ai secondi la classificazione usata per le forme attuali **(Sars** e **Müller)** e basata principalmente su caratteri anatomici e solo in parte su caratteri riguardanti il guscio. Tale dualità di classificazione comporta naturalmente inconvenienti e contraddizioni dato che alcune famiglie possono avere rappresentanti sia nel Paleozoico sia nel Postpaleozoico. Fino a pochi anni fa tale dualità era alla base della sistematica degli Ostracodi.

Le ricerche effettuate in questi ultimi anni sulle popolazioni ad Ostracodi nei due emisferi e gli studi tassonomici relativi hanno permesso di superare questa dualità. Siamo ben lungi, però, dall'avere una sola classificazione organica, seguita ed accettata da tutti. Dato che la letteratura riguardante gli Ostracodi è da qualche tempo in costante aumento e che ogni anno vengono istituiti a decine generi e specie nuovi, è logico ammettere che vi sia una certa fluidità nella classificazione.

Sottoclasse Ostracodi

Ordine e Sottordine	Famiglia	Sottofamiglia
Leperditiida	Leperditiidae	Leperditiinae Isochilininae
Beyrichiida	Tetradellidae	Tetradellinae Sigmoopsidinae Quadrijugatorinae Piretellinae Bassleratinae
	Eurychilinidae	Eurychilininae Euprimitiinae
	Prybilitidae Aparchitidae Acronotellidae Primitiopsididae	
	Drepanellidae	Drepanellinae Aechmininae
	Beyrichiidae	Beyrichiinae Zygobolbinae Treposellinae
	Hollinidae Neodrepanellidae Kirkbidae Punciidae	
Familiae incerti ordinis	Alanellidae	
	Leperditellidae	Leperditellinae Eridoconchinae
	Conchoprimitiidae Kloedenellidae	
Podocopida sottord.Platycopa	Cytherellidae	Cavellininae Cytherellinae

Podocopida sottord.Platycopa	Healdiidae Thlipsuridae Barychilinidae Beecherellidae	
sottord. Podocopa	Macrocyprididae Bairdiidae	
	Cyprididae	Pontocypridinae Ilyocypridinae Paracypridinae Candoninae Cyclocypridinae Cypridinae Cyprideinae
	Cytheridae	Limnocytherinae Cytherideinae Cytherinae Eucytherinae Cytherettinae Cytherurinae Loxoconchinae Bythocytherinae Xestoleberinae Microcytherinae Psammocytherinae Paradoxostomatinae
	Darwinulidae	
Myodocopida sottord.Myodocopa	Cypridinidae	Cypridininae Philomedinae
	Entomoconchidae	
	Halocyprididae	Halocypridinae Thaumatocyprinae
	Entomozoidae	Entomozoinae Bouciinae
	Bolbozoidae	
Sottord.Cladocopa	Polycopidae	

Noi seguiremo - in queste dispense - la classificazione recentemente proposta da **Pokorny** il quale, oltre ad essere un ostracodista di classe, è al corrente della letteratura russa.

La sua classificazione si articola in 4 Ordini, da lui stesso istituiti nel 1953, e precisamente *Leperditiida*, *Beyrichiida*, *Podocopida* e *Myodocopida*, con 4 sottordini, 29 famiglie e 41 sottofamiglie. Vi sono poi 4 famiglie e 2 sottofamiglie «incertae sedis», il tutto raggruppato secondo lo schema seguente: indicato alle pagg. 198, 199.

Leperditiida

L'ordine *Leperditiida* comprende gli Ostracodi più primitivi, dai quali sono derivati direttamente od indirettamente tutte le altre famiglie. Sono forme di grandi dimensioni (da qualche millimetro a qualche centimetro) con il lato dorsale diritto e cerniera semplice, adonte. Il guscio è generalmente inequivalve, e la valva maggiore sporge sull'altra in corrispondenza del lato ventrale. Il guscio è spesso sprovvisto di ornamentazione.

I Leperditiida, nel senso di **Pokorny** (che non vi comprende la famiglia *Leperditellidae*, considerata di incerto ordine) non superano il Devoniano.

Fig. 134 - Generi rappresentativi dell'ordine *Leperditiida* (Ordov.Devoniano).

Beyrichiida

L'ordine *Beyrichiida* comprende secondo **Pokorny** 12 famiglie mentre secondo altri autori la superfamiglia *Beyrichiacea*, ad esso corrispondente, è ancora più comprensiva. Appartengono qui la massima parte delle forme paleozoiche, che sono caratterizzate dalla presenza di singolari sculture del guscio, con lobi, solchi, ecc. L'ornamentazio-

ne dei gusci dei Beyrichiida è la più accentuata di tutti gli Ostracodi, come pure il dimorfismo sessuale, che è marcatissimo (brood pouch).

Il lato cardinale è generalmente diritto e la cerniera di tipo semplice; il ricoprimento delle valve può avvenire in modo diverso nel le varie famiglie appartenenti a quest'ordine, i cui caratteri tassonomici più importanti sono la forma del guscio e la sua scultura.

Gli Ostracodi appartenenti a questo ordine sono fossili molto importanti nel Paleozoico (dall'Ordoviciano al Devoniano): diminui-

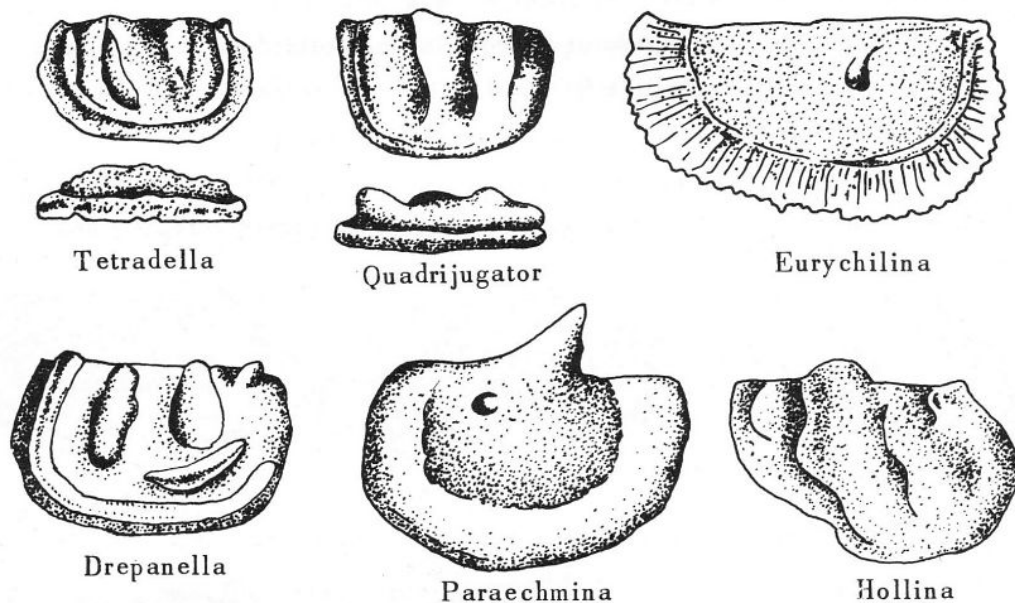



Fig. 135 - Generi rappresentativi dell'ordine *Beyrichiida*.

scono di importanza nel Carbonifero e scompaiono alla fine del Paleo zoico.

Secondo **Pokorny** i principali caratteri che permettono di distinguere gli Ostracodi appartenenti all'ordine Beyrichiida da quelli appartenenti all'ordine seguente dei Podocopida sono i seguenti:

1) la forma generale dei *Beyrichiida* col loro margine di chiusura diritto e con quello libero arcuato si distingue dalla maggior parte dei *Podocopida*, che hanno un dorso arcuato e un lato ventrale appiattito fino a concavo;

2) la maggior parte delle specie appartenenti ai *Podocopida* non hanno un dimorfismo e una scultura del guscio come i *Beyrichiida;*

3) finora non è stata osservata una calcitizzazione della lamella interna nei Beyrichiida.

Podocopida

L'ordine *Podocopida* si articola in due sottordini (*Podocopida Podocopa)* con 10 famiglie e 21 sottofamiglie: esso comprende la maggior parte degli Ostracodi post-paleozoici e attuali.

Il gusciodei Podocopida ha consistenza variabile, presenta la lamella interna calcitizzata, non ha un'incisione persistente. Le con-

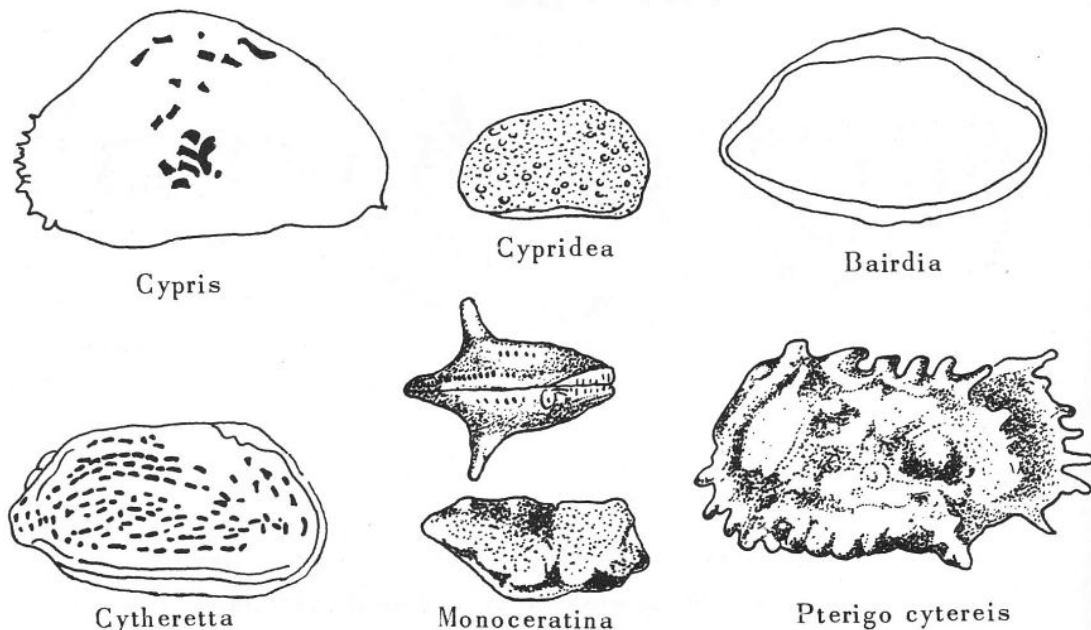



Fig. 136 - Generi rappresentativi dell'ordine *Podocopida*, sottord. *Podocopa*.

chiglie larvali hanno il dorso arrotondato ed il lato ventrale più o meno diritto. Mancano il cuore e gli occhi laterali.

Per la distinzione dei sottordini *Platycopa* e *Podocopa* nelle forme fossili l'unico criterio è quello della calcitizzazione della lamella interna e dei caratteri morfologici ad esso collegati. Nei Platycopa la lamella interna è calcitizzata solo nella sua parte più esterna, mentre nei Podocopa la zona marginale interna è bene sviluppata su una valva, per un'ampiezza superiore allo spessore della parete.

Ai Podocopa appartengono le famiglie delle *Bairdiidae*, *Cypridae* e *Cytheridae* che sono fra le più importanti di quelle post-paleozoiche con generi e specie di alto valore stratigrafico.

Myodocopida

Il quarto ordine istituito da **Pokorny**, dei *Myodocopida* è carat-

Cytherelloidea

Favulella

Ropolanellus

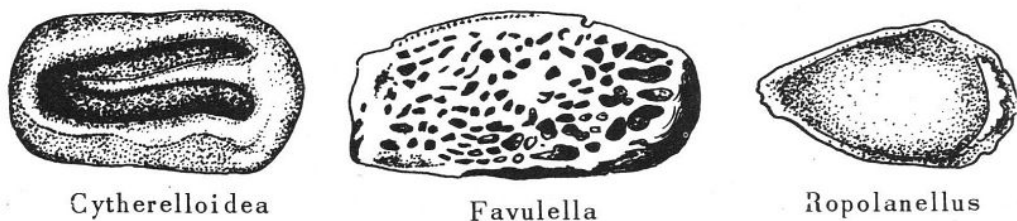



Fig. 137 - Generi rappresentativi dell'ordine *Podocopida*, sottord. *Platycopa*.

terizzato da una incisione profonda sul bordo anteriore di ciascuna valva, che serve al passaggio delle antenne, e da un lato ventrale più o meno convesso. Tutti i Myodocopida viventi sono marini, alcuni pelagici, altri bentonici.

Essi sono distinti in due sottordini: *Myodocopa* con 5 famiglie e 6 sottofamiglie e *Cladocopa* con una sola famiglia.

Nei Myodocopa il guscio è sottile e in parte chitinoso, ed è caratterizzato dall'incisione persistente (v. fig. 138). Il lato ventrale

Fig. 138 - Generi rappresentativi dell'ordine *Myodocopida*, sottord. *Myodocopa.*

è generalmente arrotondato.

Il sottordine dei Cladocopa comprende una sola famiglia recente, delle *Policopidae*, che è caratterizzata da un guscio molto sottile circolare od ovale, senza incisione persistente, con le valve che possono chiudersi perfettamente lungo tutto il margine periferico.

B) RADIOLARI

I Radiolari sono Protozoi marini, dotati di un guscio generalmente siliceo, di dimensioni variabili da pochi micron ad un millimetro e più. Sono considerati da alcuni come una sottoclasse, da altri come un ordine. Secondo la maggioranza degli autori essi apparterrebbero insieme ai Foraminiferi ai *Rizopodi* (Protozoi muniti di pseudopodii per la locomozione e per la cattura del cibo); secondo **Campbell** invece essi apparterrebbero agli *Actinopodi* (Protozoi con pseudopodii che irraggiano da un centro ed un endoscheletro generalmente raggiato che consiste di spicole rigide).

I Radiolari vivono in grandissimo numero nei mari attuali sia in superficie (plancton) sia a varie profondità, però mai sul fondo. I fanghi a Radiolari sono fra i depositi più comuni nei fondi dei mari attuali. Anche fossili, i Radiolari sono comuni fin dai periodi più antichi (Precambriano): non sono però dei buoni fossili, essendo stata molto lenta la loro evoluzione nel tempo. Possono avere importanza litogenetica: si conoscono infatti rocce costituite essenzialmente da scheletri di Radiolari, come quelle dette appunto radiolariti, le ftaniti, i diaspri. I Radiolari possono poi essere contenuti nei più svariati tipi di rocce, dai calcari alle argille, alle marne ecc.

Morfologia

Nel corpo dei Radiolari si possono distinguere due parti. Una molle (il citoplasma) che costituisce la parte viva dell'organismo ed una parte scheletrica (il guscio) formato tipicamente da silice.

Nel *citoplasma* si distinguono tre parti:

1) una parte esterna o *citoplasma extracapsulare* o *calimma* . che contiene numerosi vacuoli; da questa prendono origine sottili pseudopodii;

2) una parte centrale o *capsula centrale* mucoide o chitinosa, generalmente perforata o provvista di una o più aperture, la quale separa la parte interna da quella esterna;

3) una parte interna o *citoplasma endocapsulare* che contiene il nucleo. La presenza della capsula centrale distingue i Radiolari da tutti gli altri Protozoi, che ne sono sprovvisti.

Il **guscio** detto anche **scleracoma** prende origine dal plasma extracapsulare ed è costituito da spicole che si dispongono radialmente rispetto alla capsula e sono collegate tra loro da altre spicole che formano una specie di reticolo intorno alla calimma. Man mano che l'individuo cresce il citoplasma può invadere lo strato di spicole che con-

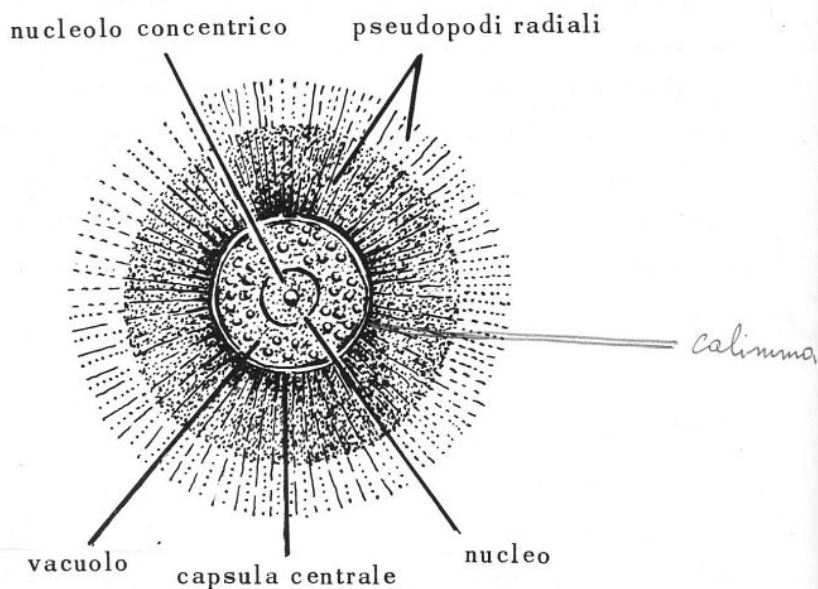



Fig. 139 - Sezione schematica di un Radiolare mostrante i rapporti fra le parti molli (da *Campbell*, in *Moore*).

nettono gli assi radiali e può dar luogo a nuove successive impalcatu re scheletriche,concentriche alla prima. Il guscio può assumere forme differenti: può essere sferoidale, discoidale, conico, fusiforme, piramidale, a forma di casco; può essere provvisto di numerose esili apofisi, di larghi pori, di setti e di processi spinosi, può essere segmentato internamente ed esternamente. Il guscio è l'unica parte che si conservi nei Radiolari fossili.

Biologia

La nutrizione dei Radiolari avviene a spese del nannoplancton costituito da Diatomee, Copepodi e Protozoi; il cibo preso dagli pseudopodii viene digerito nel plasma extracapsulare. Molti Radiolari tuttavia traggono il loro nutrimento vivendo in simbiosi con alcune Alghe (Zooxantelle); i Radiolari forniscono alle Zooxantelle prodotti azotati e anidride carbonica, e ne ricevono in cambio ossigeno, grassi e carboidrati.

La riproduzione nei Radiolari è ancora imperfettamente conosciuta; tuttavia si ammette una riproduzione agama per scissione, per divisione multipla e per gemmazione; si presume che esista anche una riproduzione sessuata con formazione di gameti.

Ecologia

I Radiolari sono organismi tipicamente marini che vivono a tutte le profondità, a tutte le latitudini, e in ambienti a salinità preferibilmente media. I Radiolari posseggono solo movimenti verticali connessi con processi fisiologici interessanti lo strato ad alveoli del loro citoplasma. I movimenti orizzontali sono passivi, dovuti a fenome-

ni esterni quali correnti, vento ecc. I Radiolari sono presenti in tutti i mari; come molti altri organismi raggiungono però la massima ricchezza e varietà nelle acque tropicali, mentre le zone fredde sono caratterizzate da faune numerose ma oligotipiche. (con poche specie)

Per quanto riguarda la loro distribuzione verticale, si può osservare che la maggior parte degli *Acantharina*, molti *Spumellina*, *Phaeodarina* e *Nassellina* vivono fra i 50 e i 500 m, una ricca fauna di *Phaeodarina* e *Nassellina* vive fra i 400 ed i 1000 m, mentre solo poche forme si ritrovano oltre i 5000 m. Si può osservare che i Radiolari di mare profondo presentano scheletri più massicci e quindi più pesanti e grossolani di quelli planctonici, i quali hanno gusci a pareti più sottili, sono più piccoli ed esili, hanno pori più larghi e setti più sottili: fra questi ultimi si notano le forme più ornate e spinose.

I Radiolari hanno una parte importante nella formazione dei sedimenti marini attuali, e specialmente di quelli di mare profondo (fanghi a Radiolari). Si può anzi dire che circa il 60% dei sedimenti a Radiolari, che occupano i fondi dei mari attuali, si ritrovano a profondità comprese fra i 3600 e i 4500 m, e solo in parte si estendono fino a circa 6000. Oltre i 7500 metri lo scheletro dei Radiolari si dissolve. Da quanto detto non si deve pensare che la presenza di Radiolari in una roccia implichi necessariamente la sua origine abissale, dato che esistono delle radiolariti formatesi in mari poco profondi e talvolta in prossimità della costa. Solo un esame critico di tutte le caratteristiche del deposito e un raffronto con depositi attuali permetterà di stabilire con sufficiente precisione la profondità di sedimentazione del deposito in esame.

Si nota che i sedimenti contenenti abbondanti Radiolari sono spesso strettamente collegati con rocce vulcaniche, forse a causa della vicinanza di una ricca sorgente di silice per i loro elementi scheletrici. (anche nel caso del Tripoli di Contignaco si può far riferimento ad un deposito cineritico

Distribuzione stratigrafica

Il valore stratigrafico dei Radiolari appare ancora piuttosto limitato, dato che la maggior parte dei generi conosciuti presenta una evoluzione molto lenta. Dobbiamo osservare d'altra parte che le nostre conoscenze su questi microfossili sono ancor oggi incomplete e imprecise, insufficienti quindi per la loro utilizzazione a scopo stratigrafico. Nelle correlazioni a carattere locale, tuttavia, il valore stratigrafico dei Radiolari è stato più volte provato.

Le quarziti del Paleozoico inferiore americano, le ftaniti del Devoniano dei Vosgi sono fra i sedimenti paleozoici più ricchi di Radiolari: sono però relativamente poche le forme del Paleozoico descritte finora. Più ricchi decisamente sono i sedimenti del Mesozoico, specialmente di Radiolari riferibili al sottordine Nassellina. Piuttosto rari nel Trias, i Radiolari raggiungono uno sviluppo notevolissimo nel Giurassico, soprattutto nella regione alpino-mediterranea. In Italia le facies a radiolariti sono abbondanti e tipiche soprattutto nel Giurassico superiore: nei terreni di questa età si trovano pure comunemente calcari contenenti Radiolari calcificati associati alle Calpionelle. Lo sviluppo dei Radiolari continua ad essere notevole nel Cretaceo inferiore. Spesso si incontrano marne a Radiolari nell'Hauteriviano-Barremiano; una «zona a *Dictyomitra*» (genere appartenente ai Nassellina) si sarebbe dimostrata utile per correlazioni addirittura intercontinentali, nell'ambito del bacino della Tetide, da Cuba alla regione mediterranea. Nel Cretaceo superiore i Radiolari si incontrano concentrati nelle selci nei Pirenei, nelle Prealpi, negli Appennini, nel Caucaso.

I terreni Cenozoici tuttavia contengono il maggior numero dei generi e delle specie conosciute, anche a causa della relativa maggiore facilità con cui questi fossili possono venire estratti dalla roccia. Una delle più ricche faune a Radiolari si trova nelle argille oeoceni-

che dell'isola Barbados. Faune oligoceniche si trovano in Nuova Zelanda, a Cuba e a Trinidad. In Italia le faune più note sono mioceniche, e provengono dalla formazione del «tripoli» (Miocene superiore).

Classificazione

La classificazione più comunemente usata fino a qualche anno fa dai micropaleontologi era quella di **Haeckel**: essa, fondata quasi unicamente sulla morfologia e la composizione del guscio, può essere facilmente applicata alle forme fossili, nelle quali il guscio è appunto l'unica parte conservata.

Recentemente **Campbell** (1954) ha proposto una nuova classificazione dei Radiolari, che si articola in 2 ordini *(Porulosida* e *Osculosida)*, 4 sottordini *(Acantharina, Spumellina, Nassellina* e *Phaeodarina)*, 23 superfamiglie, 103 famiglie, 182 sottofamiglie, oltre 900 generi e poco meno di 6000 specie.

I caratteri che riguardano le divisioni principali (ordini) si riferiscono alla capsula centrale. Vengono presi in considerazione, per le categorie successive:

a) la composizione del guscio;

b) la forma e le caratteristiche della capsula centrale, intese in un senso più particolare di quello considerato per la distinzione degli ordini;

c) la forma generale del guscio e la sua struttura.

Per la determinazione dei Radiolari occorre prendere in considerazione le seguenti caratteristiche:

- forma generale del guscio
- forma e dimensioni delle perforazioni
- numero e spessore dei setti eventualmente presenti

Haeckel E., "Die Radiolarien (Rhizopoda Radiaria)" Berlin, 1862-1888

SCHEMA DI CLASSIFICAZIONE SOPRAFAMILIARE
DEI RADIOLARI SECONDO CAMPBELL

Ordine	*Sottordine*		*Superfamiglia*
PORULOSIDA	Acantharina		
	Spumellina	Sphaerellari	Liosphaericae Ellipsidiicae Cenodiscicae Laracariicae
OSCULOSIDA	Nassellina	Cyrtellari	Triospyridicae Archipiliicae Cannobotrydicae
		Plectellari	Triospyridicae
	Phaeodarina		

- forma e dimensioni delle spicole
- caratteri biometrici relativi all'intero guscio e alle sue parti.

Questi caratteri sono tutti osservabili negli esemplari isolati. Spesso però le osservazioni debbono essere effettuate su sezioni sottili, essendo i Radiolari frequentemente contenuti in rocce compatte, come i calcari. In questo caso se i gusci dei Radiolari hanno mantenuto la loro composizione originaria, si possono isolare dalla roccia attaccandola con acidi adatti. Ma se, come spesso accade, i gusci si sono calcitizzati in seguito alla diagenesi, non resta che studiarli in sezione sottile. Anche con questo metodo si può arrivare a determinazioni generiche

e specifiche, data la relativa semplicità strutturale e morfologica dei Radiolari e dato che la maggior parte dei caratteri tassonomici è osservabile nelle sezioni orientate (assiali nelle forme allungate, passanti per il centro nelle altre).

Secondo **Campbell** (v. **Moore,** Treatise of Invertebrate Paleontology) i Radiolari vengono distinti in:

Porulosida

Comprende tutte le forme aventi una capsula centrale globulare, con pori distribuiti uniformemente su tutta la sua superficie. Rappresentati dal Cambriano al Recente.

Sottord. *Acantharina*

Capsula centrale con una sottile semplice membrana; scheletro centrogeno, ossia costituito da spine che irradiano dal centro della cellula, composto da acantina o solfato di stronzio. Gli Acantharina si distinguono da tutti gli altri Radiolari per la presenza di uno scheletro composto da spine radiali che si originano nel centro della capsula centrale e che sono invariabilmente solide. E' notevole la regolarità nella disposizione delle spine, che sono costantemente in numero di 20: esse emergono dal corpo lungo 5 cerchi, che sono paragonabili al circolo equatoriale, ai due circoli tropicali e ai due circoli subpolari del globo terrestre. Le quattro spine equatoriali possono distinguersi dalle altre per le loro dimensioni o altra differenziazione. La giunzione centrale delle spine radiali può venire realizzata in 4 modi differenti: a) per semplice apposizione delle terminazioni piramidali o basi delle spine; b) per mezzo di una croce basale a foglie (4 larghe ali su ciascuna spina), sostenute l'una dall'altra; c) per la fusione centrale delle basi delle 20 spine; d) per la fusione appaiata delle spine opposte.

Le spine radiali possono essere di tre forme principali: con sezione trasversale circolare, con sezione ellissoidale o lanceolata, con sezione quadrata. L'apice della spina è generalmente appuntito ma può essere troncato o bifido o anche piramidale (piramide a 4 lati); in alcune l'apice è dentato.

Gli Acantharina sono noti dall'Eocene al Recente; la maggior parte delle 15 famiglie distinte da **Campbell** hanno solo rappresentanti viventi.

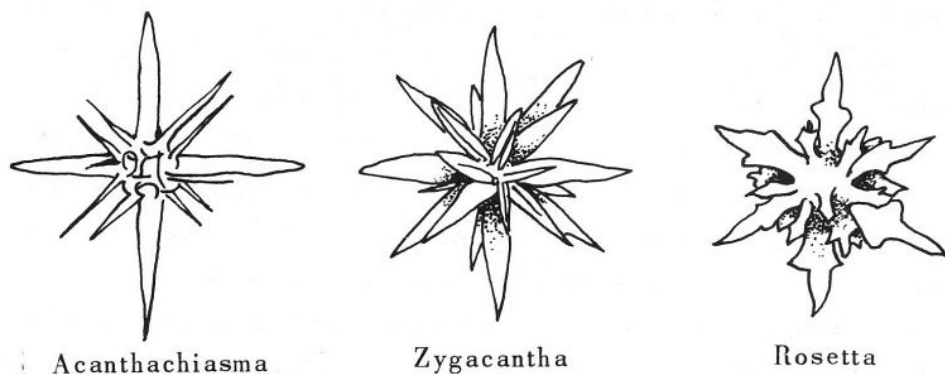



Fig. 140 - Generi indicativi del sottordine *Acantharina.*

Sottord. *Spumellina*

Capsula centrale semplice, a parete spessa, uniformemente attraversata da sottili pori; lo scheletro sferico è generalmente costituito da silice opalina, ma può mancare; il protoplasma può essere molto ricco di vacuoli. Dal Cambriano al Recente.

Gli Spumellina sono un gruppo primitivo di Radiolari nei quali la capsula centrale è generalmente racchiusa in un guscio siliceo generato superficialmente, ed hanno una forma globulare che distingue molti organismi che galleggiano liberamente. Dei quattro sottordini distinti da **Campbell**, quello degli Spumellina è il più ricco di famiglie

e di generi. Gli Spumellina più complessi possono avere 5 o più gusci concentrici, che possono essere simili o dissimili; raramente si trovano anche gusci interni cubici. Il guscio più esterno viene chiamato guscio corticale ed il più interno guscio midollare. I gusci concentrici sono uniti e sostenuti da raggi, che sono in numero costante ed occupano posizioni costanti nei differenti gruppi. Poche forme hanno un solo guscio e racchiudono i raggi internamente. La superficie può essere liscia o ruvida, e i pori possono essere a livello o elevati da un reticolato esagonale o di altra forma, che racchiude i pori stessi e le spine. Queste possono essere distribuite su tutta la superficie, o possono essere limitate ai poli opposti. Le due spine principali, opposte l'una all'altra, possono essere di dimensioni diverse; raramente esse sono circondate all'estremità libera da un anello. Le spine possono essere aghiformi o a forma di spada; altre formano delle lame tripartite. Le lunghe spine principali, in numero variabile da 1 a 6, sono caratteristiche di alcuni Spumellina, e tendono a disporsi, opposte le une alle altre, lungo gli assi di un cubo. Le spine sono disposte con regolarità e rappresentano un ottimo carattere tassonomico.

Meno abbondanti delle forme sferiche nude, fornite di spicole o graticciate, sono le forme di contorno ellittico, originate da un guscio graticciato sviluppatosi lungo un singolo asse. Gusci spugnosi sono più comuni fra queste forme ellittiche che non fra quelle sferiche.

Gli **Sphaerellari**, caratterizzati da un guscio sferico, graticciato o spugnoso sono suddivisi da **Campbell** in 4 importanti superfamiglie: *Liosphaericae*, *Ellipsidiicae*, *Cenodiscicae* e *Laracariicae*. La superfamiglia delle *Liosphaericae* è caratterizzata da gusci sferici, graticciati o spugnosi o concentricamente multipli. Ricordo le *Liosphaeridae* (vedi nn. 1 e 2, fig. 141) con un guscio sferico senza spine alla superficie; le *Dorysphaeridae* (n. 3, fig. 141) con un guscio graticciato

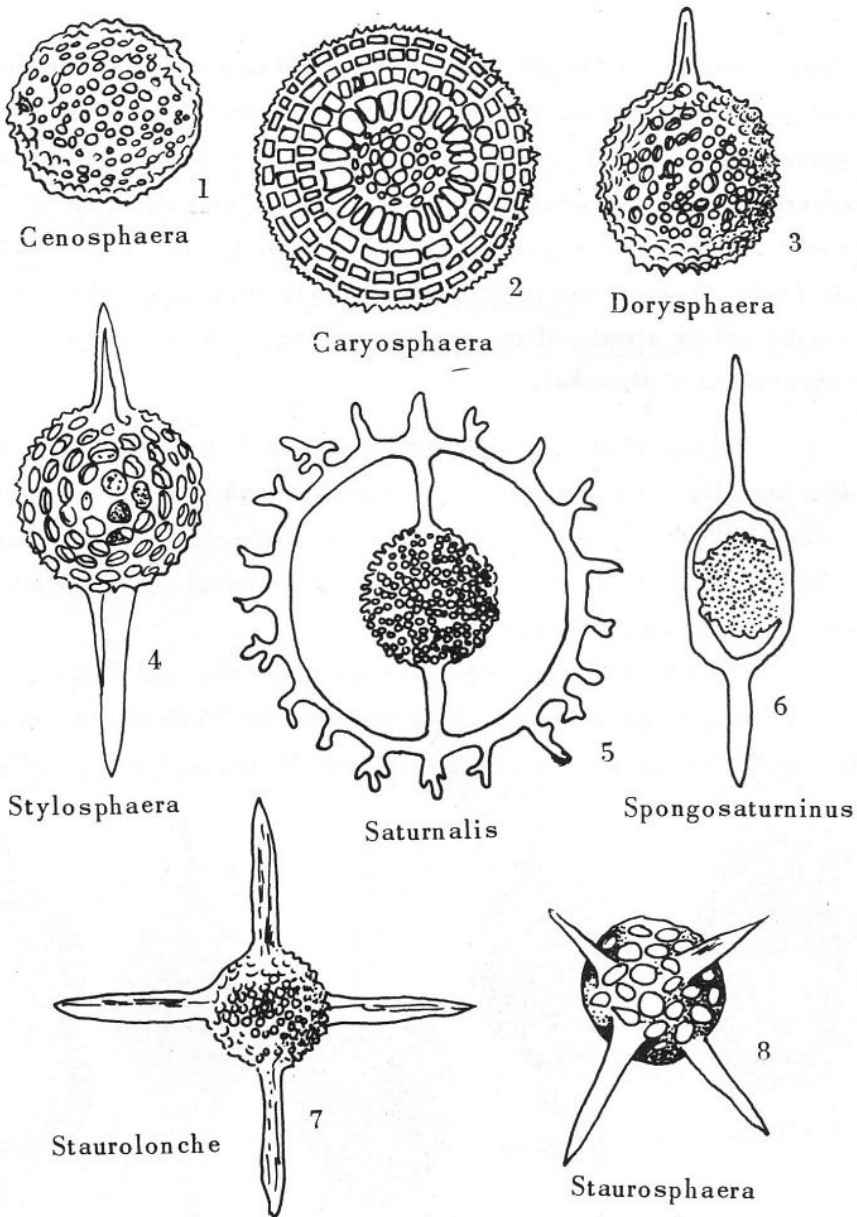



Fig. 141 - Radiolari Sphaerellari (superfam. Liosphaericae). I generi rappresentati ai nn. 1 e 2 appartengono alla famiglia *Liosphaeridae;* il n. 3 alle *Dorysphaeridae;* 4, 5 e 6 alle *Stylosphaeridae;* 7 e 8 alle *Staurosphaeridae.*

ciato semplice o multiplo, con una sola spina polare; *Stylosphaeridae* con guscio graticciato semplice o concentricamente multiplo e con due opposte spine polari (vedi nn. 4,5,6, fig. 141); *Staurosphaeridae* con guscio come i precedenti e 4 spine radiali principali in un piano, formante una croce ad angoli retti (vedi nn. 7 e 8, fig. 141). Tutte queste famiglie hanno una distribuzione assai ampia nel tempo e quasi nessun valore stratigrafico; esse appartengono alla vecchia famiglia *Sphaeroidea* di **Haeckel**.

La superfamiglia delle *Ellipsidiicae* di **Campbell** corrisponde alla famiglia delle *Prunoidea* di **Haeckel**: essa comprende i Radiolari porulosi aventi un guscio ellittico o cilindrico, fenestrato o spugnoso, comunemente articolato da strozzature trasversali anulari. Distribuzione dal Cambriano al Recente.

Ricordiamo le famiglie *Ellipsidiidae* (vedi nn. 1, 2 fig. 142) con un singolo guscio graticciato ellittico; le *Druppulidae* (nn. 3, 4, fig. 142) con due o più gusci graticciati; le *Artiscidae* (n. 5, fig. 142)

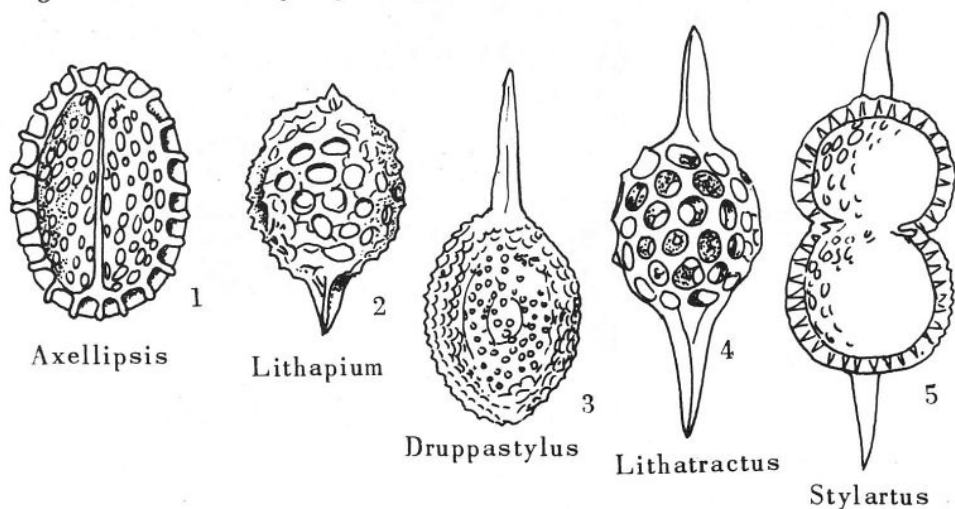



Fig. 142 - Radiolari Sphaerellari (superfamiglia *Ellipsidiicae*).

con un guscio gemellare suddiviso in due camere da una strozzatura e quatoriale, senza scheletro midollare.

La superfamiglia delle *Cenodiscicae* (= *Discoidea* auct.) è caratterizzata da un guscio discoidale o lenticolare, fenestrato o spugnoso. Va dal Cambriano al Recente.

Ricordiamo le famiglie *Cenodiscidae* (v. fig. 143-5,6) con un guscio discoidale o lenticolare, finestrato o spugnoso; *Phacodiscidae*

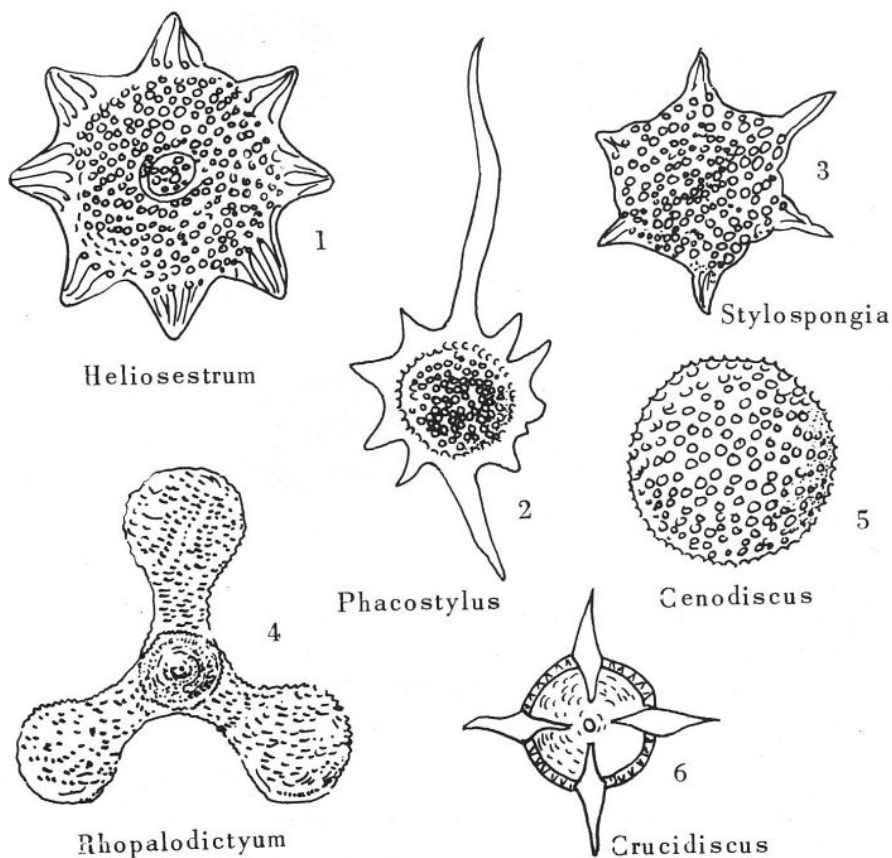



Fig. 143 - Radiolari Sphaerellari (superfamiglia *Cenodiscicae*).

con guscio singolo lenticolare, graticciato, corticale o con doppio guscio midollare, senza strozzature equatoriali (v. fig. 143-1, 2). *Spongodiscidae* (v. fig. 143-3,4), con una camera centrale semplice circondata da una cornice spugnosa, senza setaccio interno poroso.

La superfamiglia delle *Laracaricae* (= *Larcoidea* auct.) è caratterizzata da un guscio finestrato o spugnoso lenticolare-ellittico risultato dall'accrescimento ineguale lungo tre assi. Dal Cambriano al Recente.

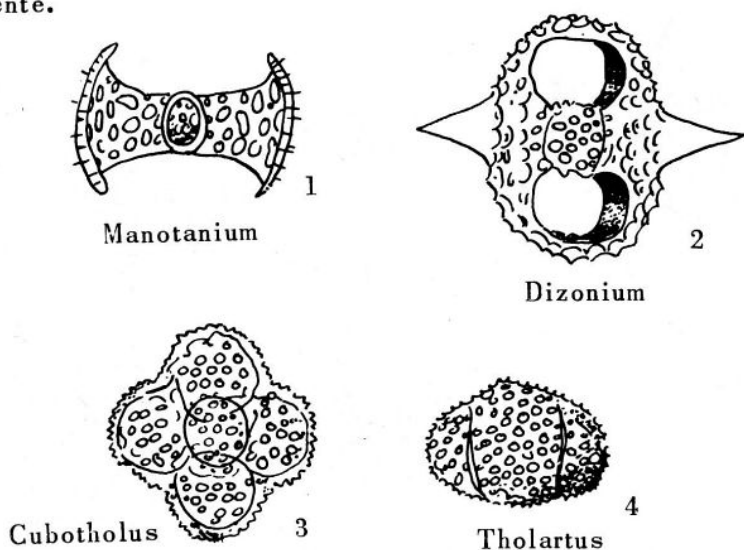



Fig. 144 - Radiolari Sphaerellari (superfamiglia *Laracaricae*).

Appartengono a questo raggruppamento le famiglie delle *Pyloniidae* (vedi fig. 144 - 1,2) caratterizzata da un guscio corticale graticciato con due, quattro o più porte disposte simmetricamente (dal Giurassico al Recente); delle *Tholoniidae*, caratterizzata da cupole sviluppate in direzione di tre assi (vedi fig. 144 - 3,4).

Osculosida

L'ordine degli *Osculosida* si distingue per la presenza, nella capsula centrale, di pori ristretti ad un solo polo o di aperture tubolari.

Nassellina (= *Nassellaria* auct.)

Questo sottordine comprende tutti i Radiolari aventi una capsula centrale perforata ad una sola estremità, con una sola membrana; lo scheletro è costituito da un tripode, da un anello e da un guscio graticciato; i poli opposti del guscio sono dissimili; lo scheletro è costituito da silice opalina. Diffusi dal Cambriano al Recente.

I Nassellina differiscono dagli altri subordini essenzialmente per la struttura della capsula centrale e dello scheletro. La sottile membrana racchiude una capsula centrale a forma ovoidale, con la parte più convessa del tutto sprovvista di pori mentre la parte appiattita, chiusa da uno spesso opercolo, è attraversata da pori sottili e numerosi. All'interno della capsula centrale vi è un tozzo cono chiamato podoconus, la cui base poggia sull'opercolo.

Lo scheletro dei Nassellina è siliceo (opale) come quello degli Spumellina, a differenza dello scheletro degli altri due subordini (Acantharina e Phaeodarina).

Nello scheletro dei Nassellina abbiamo tre elementi fondamentali: a) il tripode, formato da bastoncini divergenti, uniti in un centro comune ed orientati in modo che una gamba è posteriore mentre le altre due sono antero-laterali, destra e sinistra; b) dal guscio graticciato, che è comunemente conico o a forma di elmo ed è fissato al centro del tripode; c) dal grande cerchio o anello sagittale che rinforza la parete del guscio graticciato nel piano mediano. I tre tipi strutturali sopra menzionati non sono costantemente uniti, ma ciascuno di essi,

da solo, può costituire l'intero scheletro. Vi possono essere numerose combinazioni degli elementi dello scheletro, nei vari gruppi tassonomici, come vedremo più avanti.

I gusci dei Nassellina sono frequentemente segmentati, ed è questo il criterio sul quale è basata la distinzione delle quattro subsuperfamiglie nelle quali **Campbell** suddivide alcuni Nassellina: *Archipiliilae; Sethopiliilae; Theopiliilae; Triacartilae.*

I primi tre segmenti sono generalmente molto diversi da quelli che seguono: il primo è detto **cephalis** (= cefalo), il secondo **thorax** (= torace), il terzo **abdomen** (= addome). I segmenti che seguono vengono chiamati complessivamente **postabdomina.** Nel cefalo di molte forme si origina una **columella** interna; al suo posto si può trovare una costola ascendente che segue sul lato dorsale la superficie con-

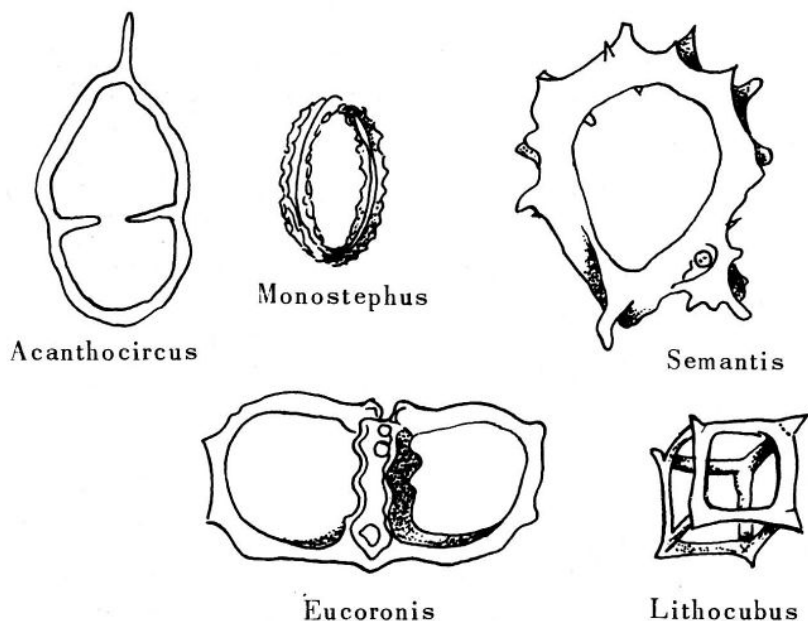



Fig. 145 - Generi indicativi della divisione *Plectellari.*

vessa del cefalo.

Il sottordine dei Nassellina viene distinto da **Campbell** in due divisioni:

Plectellari con scheletro incompleto (Ordoviciano-Recente)

Cyrtellari con guscio graticciato completo (Cambriano-Recente).

I Cyrtellari sono molto più comuni e più importanti dei Plectellari; oltre 1000 specie appartengono a questa divisione. Ricordiamo la superfamiglia *Triospyridicae* caratterizzata da un cefalo biloculare con una strozzatura sagittale (Giurassico-Recente), vedi fig. 146.

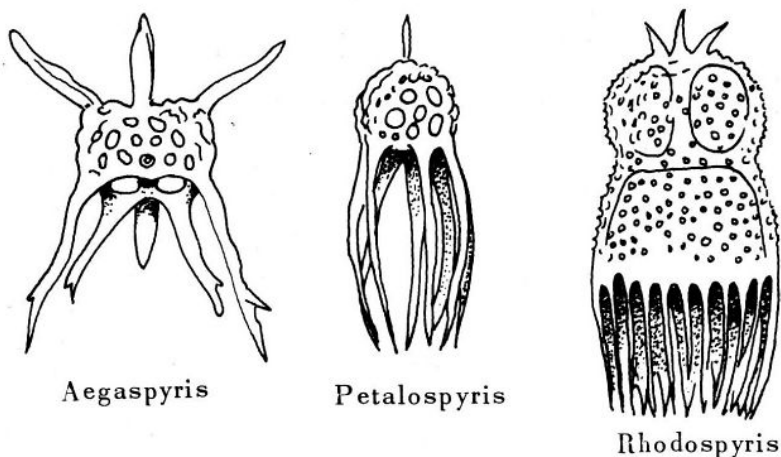



Fig. 146 - Generi rappresentativi della superfamiglia *Triospyridicae.*

La superfamiglia delle *Archipiliicae* Haekel è caratterizzata da un cefalo semplice, che non è nè biloculare, nè lobato. Essa è suddivisa in quattro subsuperfamiglie in base al numero delle strozzature del guscio: *Archipiliilae* senza strozzature (vedi fig. 147, nn.1-4).

Setopiliilae con guscio diviso in cefalo e torace da una strozzatura trasversale (Cambriano-Recente) (vedi fig. 147, nn. 5-8).

Theopiliilae con guscio suddiviso da due strozzature trasversali in cefalo, torace e addome (Cambriano-Recente) (vedi fig. 148, nn.1-4).

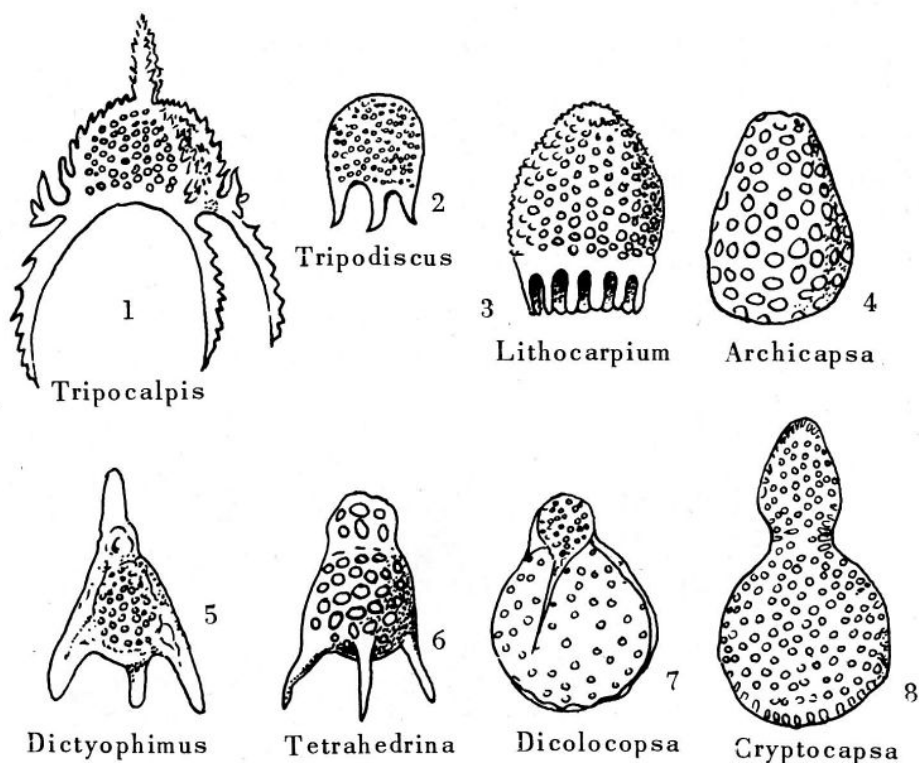



Fig. 147 - Generi rappresentativi della superfamiglia *Archipiliicae.*

Triacartilae con guscio suddiviso da tre o più strozzature in cefalo, torace, addome e uno o più segmenti post-abdominali (Ordoviciano - Recente (v. fig. 148, nn. 5-9).

L'ultima superfamiglia dei Nassellina, delle *Cannobotrydicae* ha come caratteristica fondamentale la presenza di un cefalo lobulato (vedi fig. 149), ed ha rappresentanti dal Giurassico al Recente.

Phaeodarina

Il quarto ed ultimo sottordine dei Radiolari, denominato *Phaeo*

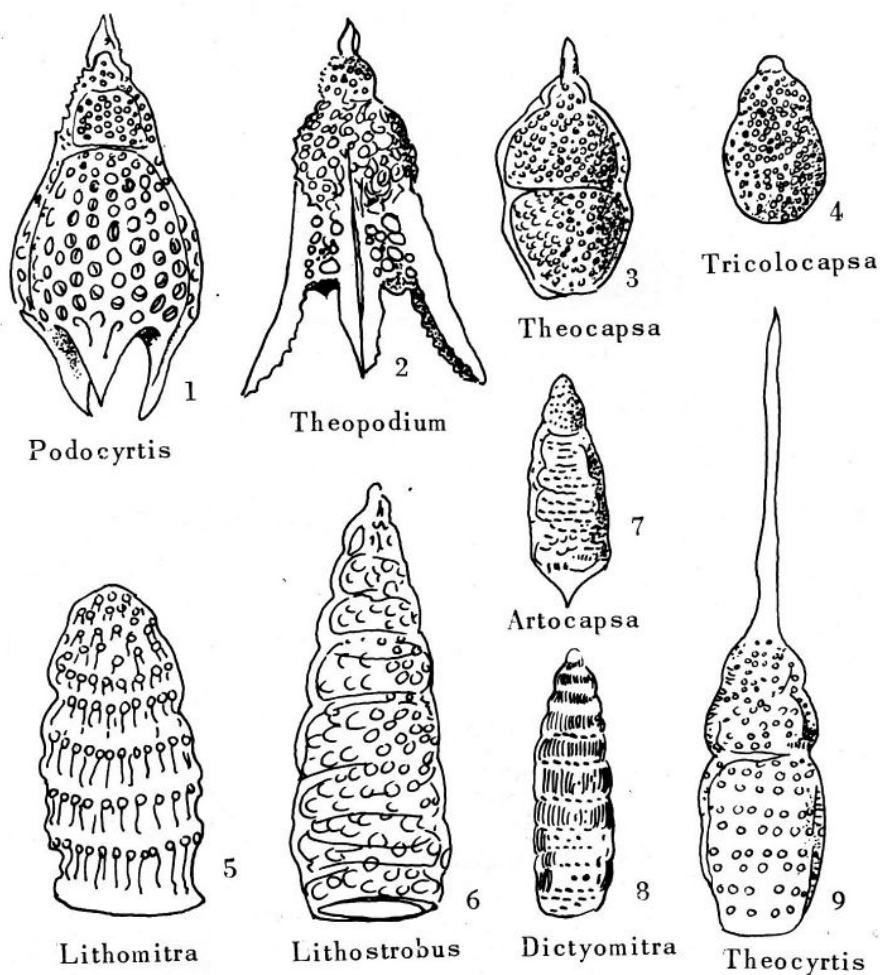



Fig. 148 - Generi rappresentativi delle subsuperfamiglie *Theopiliilae* (1-4) e *Tritacartilae* (5-9), superfam. *Archipiliicae.*

darina, è il meno importante dal punto di vista micropaleontologico. Lo scheletro è infatti in parte siliceo, con mescolanza di materiale organico, e perciò le forme fossili sono assai rare. Lo scheletro è formato da spine cave che danno luogo a strutture reticolate sferiche o allungate. Diffusi dal Cretaceo al Recente.

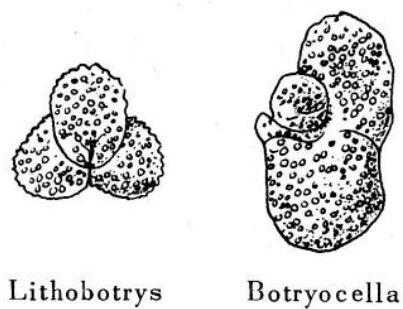



Fig. 149 - Generi rappresentativi della superfamiglia *Cannobotrydicae.*

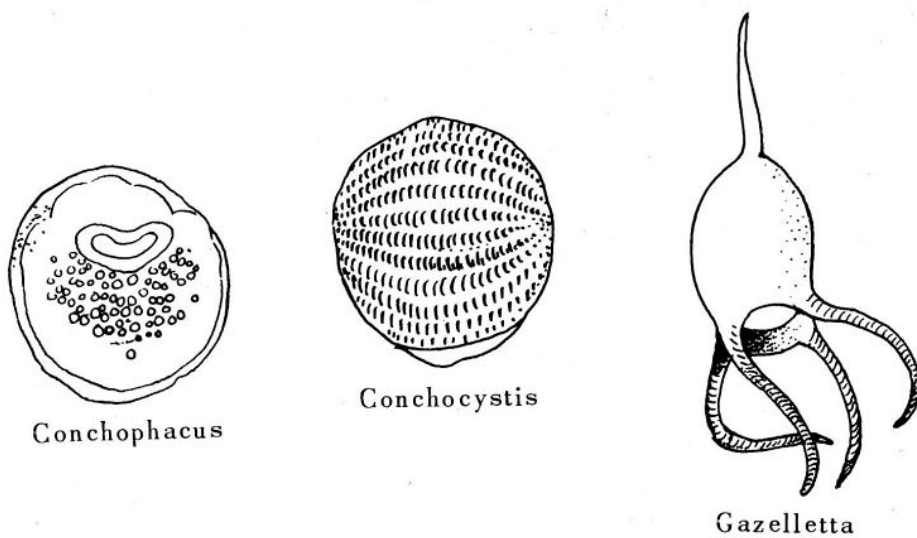



Fig. 150 - Generi rappresentativi del sottordine *Phaeodarina.*

C) TINTINNIDI

Questi microfossili unicellulari di grande importanza stratigrafica appartengono al raggruppamento degli Infusori ciliati.

Morfologia

Il corpo dei Tintinnidi viventi, costituito da sostanza protoplasmatica, è racchiuso in un guscio solido formato da materiale organico, a forma cilindrica o a campana. Questo guscio è chiamato **lorica,** ed è lungo da 50 micron fino a un millimetro. Le dimensioni massime delle forme fossili sono minori, non superando in genere i 200 micron.

Nella lorica distinguiamo una parte orale, superiore, attraverso la quale il corpo vivente comunica con l'esterno e vi si espande, e una parte aborale, opposta alla precedente, la quale spesso è fornita di un'appendice caudale.

Nella parte orale si trova l'apertura, che è sempre ampia: può avere un diametro pari o minore a quello massimo della lorica, ma a volte anche maggiore. In corrispondenza dell'apertura si può avere un collare rivolto verso l'esterno o verso l'interno.

Le sezioni trasversali della lorica si presentano sempre circolari, in qualsiasi punto vengano eseguite.

Le sezioni utili per la classificazione (ricordo che lo studio dei Tintinnidi viene di regola eseguito su sezioni sottili) sono quelle longitudinali, passanti per il piano di simmetria. Occorre fare attenzione che le sezioni in osservazione siano effettivamente longitudinali e non oblique, poichè la forma delle sezioni cambia a seconda dell'an-

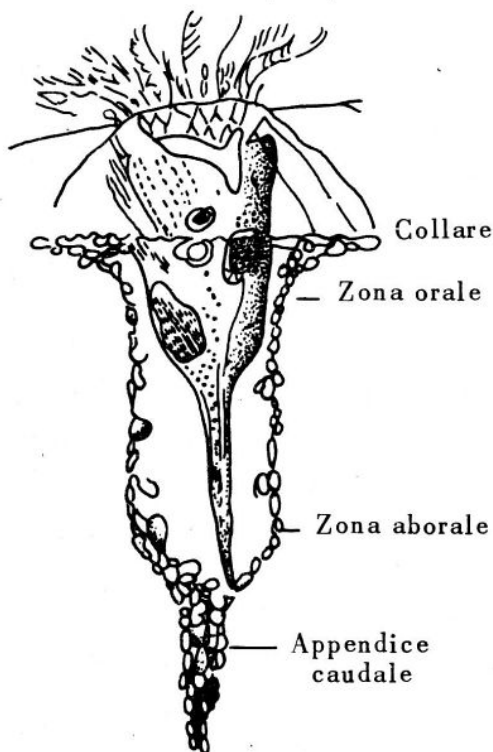



Fig. 151 - Morfologia della lorica di un Tintinnide vivente. Da *Pokorny* 1958.

golo in cui essa è tagliata.

I caratteri tassonomici più importanti dei Tintinnidi sono la forma generale del guscio, i caratteri inerenti alla zona orale (con particolare riferimento al collare), e quelli inerenti alla zona aborale. Tutti questi caratteri si osservano nelle sezioni longitudinali. L'orientazione dei gusci si fa in modo che l'apertura sia in alto.

Il materiale che costituisce la lorica nelle forme viventi è organico e può contenere particelle agglutinate. Sulla composizione chimica dei gusci fossili i pareri sono discordi. I Tintinnidi sono sempre contenuti in calcari a grana fine ed i gusci si presentano generalmente calcitici: questa calcitizzazione sarebbe però conseguenza dei processi di fossilizzazione e deriverebbe da una trasformazione della sostanza organica originaria. Secondo altri invece vi sarebbero prove di una costituzione calcitica primaria dei gusci, benchè nei Tintinnidi viventi non vi sia alcun esempio di gusci calcarei.

Ecologia

I Tintinnidi viventi sono in gran parte marini, mentre pochi vivono in acqua dolce: sono forme planctoniche prevalentemente di alto mare e si nutrono di nannoplancton. Si conoscono circa 800 specie viventi: la diffusione geografica di alcune di esse è molto ampia.

I Tintinnidi fossili sono contenuti solitamente in gran numero in calcari fini, sublitografici, che spesso non contengono altri fossili. Altre volte fanno parte di associazioni prevalentemente od esclusivamente planctoniche, che possono contenere spore di Alghe pelagiche *(Globochaete)*, Radiolari ecc. Nei sedimenti del Titonico superiore e del Cretaceo inferiore sono spesso accompagnati da associazioni a *Nannoconus*, nelle quali questi microfossili «incertae sedis» sono contenuti a milioni.

I calcari a Tintinnidi sono considerati dagli autori più accreditati come sedimenti pelagici di alto mare e di notevole profondità.

Distribuzione stratigrafica

I Tintinnidi fossili hanno avuto un periodo di sviluppo intensissimo nella parte superiore del Giurassico, dove i calcari a *Calpionella* sono veramente tipici e diffusi in regioni molto vaste e distanti. Il genere *Calpionella*, istituito da **Lorenz** su esemplari provenienti dalle Prealpi svizzere, rimase per lunghi anni di incerta posizione sistematica finchè **Colom** lo riavvicinò ai Tintinnidi, che fanno parte del plancton dei mari attuali. Studi comparativi molto accurati condotti recentemente da **Deflandre** sulle Calpionelle fossili e sui Tintinnidi viventi hanno confermato l'ipotesi di **Colom**.

I Tintinnidi sono sviluppati anche alla base del Cretaceo (dal Berriasiano al Barremiano), e le forme cretacee sono diverse da quel-

le giurassiche sia come specie, sia anche come generi, cosicchè si possono a ragione ritenere come degli ottimi fossili-guida.

In base alle ricerche più recenti la distribuzione dei Tintinnidi risulta più ampia di quanto si ritenesse in passato. Ricordiamo il genere motonipico *Vautrinella*, con *V.lapparenti* come specie-tipo, descritta da **Cuvillier** nel Devoniano del Sahara. Il riferimento di questa forma ai Tintinnidi è peraltro assai dubbio, come pure molto dubbio è l'appartenenza a questo gruppo dei generi *Campbelliella* e *Daturellina* descritti da **R.Radoicic** in Jugoslavia. Di questi due ultimi generi, come pure delle specie *Tintinnopsella besici* e *Favelloides liliiformis* descritte dalla stessa autrice nelle Dinaridi, è stata data recentemente una interessante interpretazione da **A.Farinacci,** che considera queste forme problematiche, assai più grandi e con guscio più spesso dei Tintinnidi, come calamule di *Bankia striata* (Carozzi), una specie descritta in origine come uno Pteropodo (*Vaginella*), rapportabile invece alle Teredini.

Un altro genere, questo verosimilmente appartenente ai Tintinnidi e vicino al gen. *Calpionellites*, è stato descritto recentemente da **Leischner** (1959), dal Malm inferiore delle Alpi Bavaresi, ed è stato successivamente ritrovato nel Titonico.

Anche verso l'alto, l'estensione verticale dei Tintinnidi è risultata più ampia di quanto si ritenesse in passato in base alle ricerche più recenti. Il gen. *Colomiella*, descritto originariamente nel Barremiano del Messico, è stato ritrovato successivamente nell'Aptiano sia nel Messico, sia nell'Africa settentrionale *(C.tunesiana, C.mexicana, C.recta)*. Secondo **Malmoustier** le sue ultime specie raggiungerebbero l'Albiano.

La «facies a Calpionelle» è tipica della parte superiore del Giurassico e del Cretaceo inferiore della Tetide: è stata ritrovata a

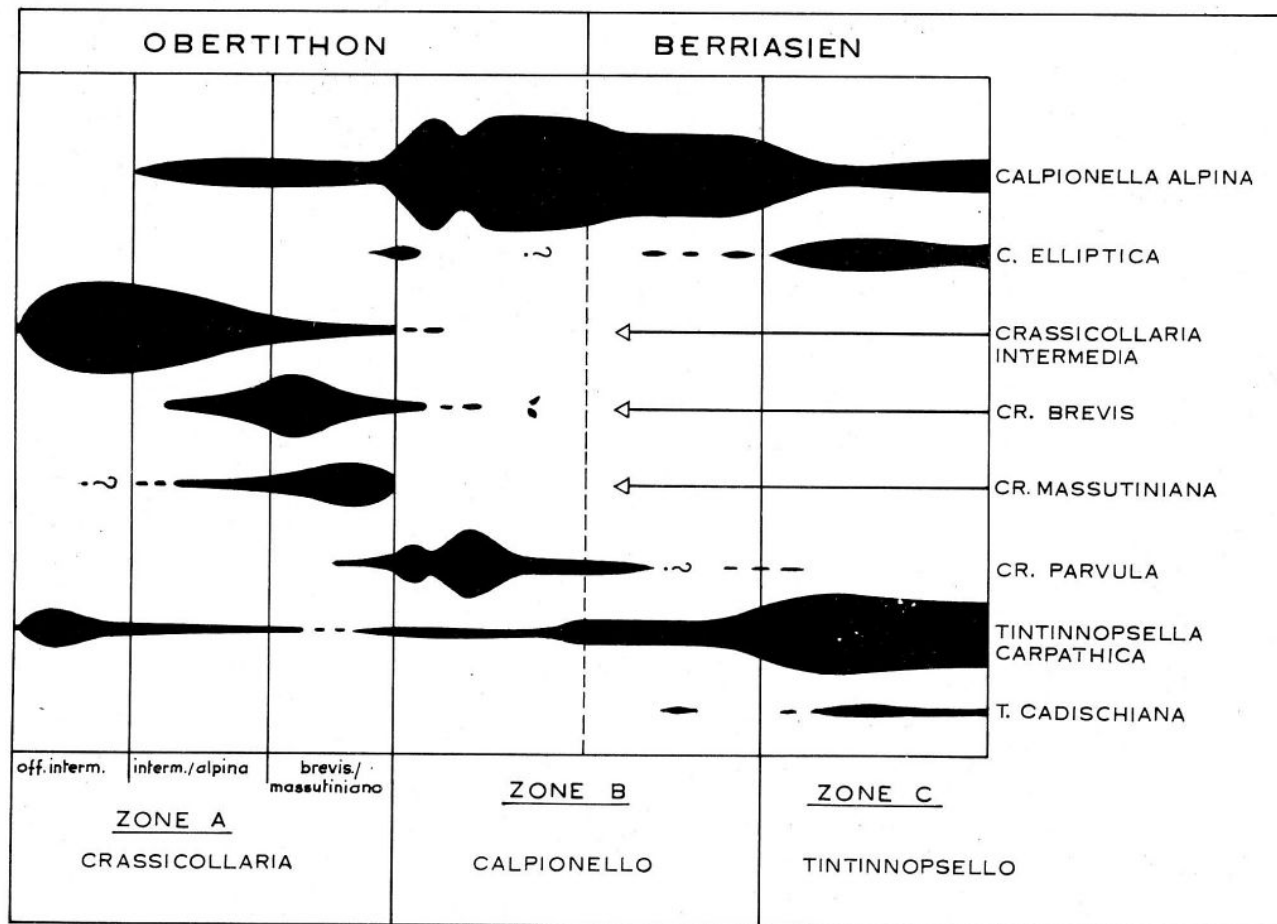



Fig. 152 - Ripartizione stratigrafica e frequenza delle diverse specie di Calpionelle al passaggio Cretaceo-Terziario, secondo Remane. Da *Remane* 1963.

Cuba, nel Messico, in numerose regioni del bacino mediterraneo (Baleari, Sicilia, Italia, Africa settentrionale ecc.), nelle Alpi, nei Carpazi, nel Caucaso e più oltre nell'Irak e in Australia.

In Italia i calcari a Calpionelle sono comuni nelle Prealpi lombarde e venete, nelle Dolomiti, nell'Appennino settentrionale e centrale, in Sicilia, dovunque insomma i livelli stratigrafici, nei quali questi microfossili si ritrovano, presentano facies pelagica.

Classificazione

Della sistematica dei Tintinnidi fossili e viventi si sono occupati recentemente **Kofoid** e **Campbell,** la cui classificazione è oggi accettata da moltissimi autori.

I *Tintinnina*, considerati come sottordine, vengono suddivisi in 13 famiglie, delle quali solamente 7 hanno rappresentanti fossili.

Allo stato attuale delle conoscenze, il raggruppamento dei generi noti fossili nello schema tassonomico di **Campbell** (v.pag.231).

La distinzione dei generi è fatta in base ai caratteri osservabili nelle sezioni assiali. Essa si basa soprattutto:

a) sulla forma generale della lorica, che può essere larga e appiattita *(Patelloides)*, circa isodiametrica *(Calpionella, Stenosemellopsis)* allungata *(Tintinnopsella, Amphorellina* ecc.)

b) sullo spessore della parete che può essere sottile *(Tintinnopsella)*, grosso *(Calpionella)* o con ingrossamenti localizzati *(Crassicollaria)*,

c) sulla presenza e forma del collare che può mancare *(Stenosemellopsis)* oppure essere presente con diverse modalità: stretto e diritto *(Calpionella)*, diritto e molto lungo *(Colomiella)*, svasato verso l'esterno e largo *(Tintinnopsella)*, raddoppiato *(Calpionellites)* ecc.

Famiglie	*Generi*
Codonellidae	Tintinnopsella
Codonellopsidae	Calpionella Calpionellites Patelloides (?) Calpionellopsis Crassicollaria Stenosemellopsis
Colomiellidae	Colomiella
Coxliellidae	Coxliellina
Ptychocyclididae	Favelloides
Rhadbonellidae	Rhabdonelloides
Tintinnidae	Amphorellina
	Salpingellina

d) sulla forma dell'estremità aborale che può essere arrotondata *(Patelloides, Calpionella, Colomiella)*, appuntito *(Amphorellina, Salpingellina)*, appuntita e talvolta munita di appendice caudale *(Tintinnopsella, Crassicollaria)*.

Combinando insieme questi diversi caratteri si arriva piuttosto facilmente al genere. Per arrivare alla specie si tiene conto dei caratteri biometrici e degli stessi caratteri generici che, visti con maggior dettaglio, hanno pure valore specifico.

Sono note finora circa 40 specie di Tintinnidi fossili.

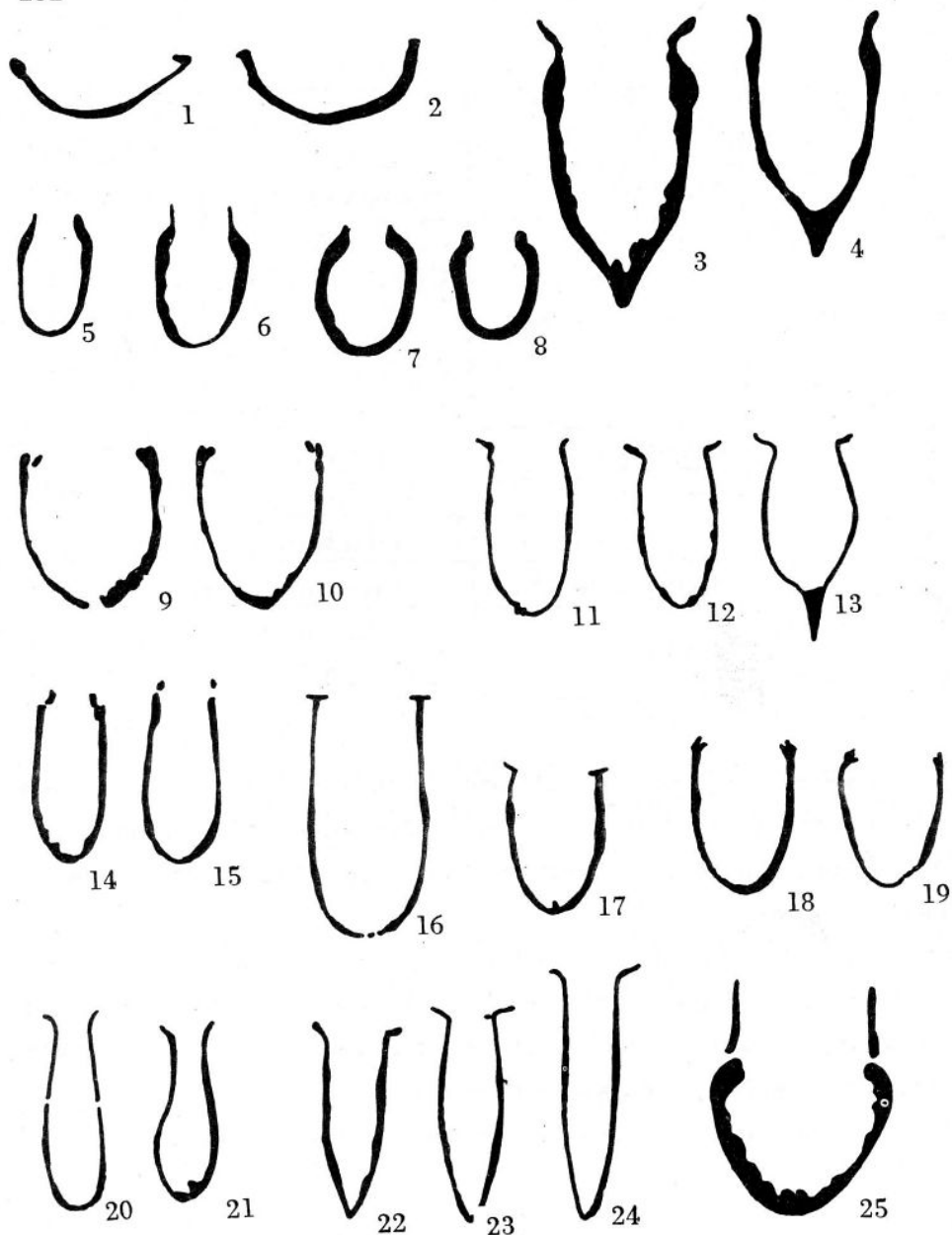



Fig. 153 - Alcune specie di Tintinnidi, scelte fra le più caratteristiche e comuni. In grandimenti variabili, intorno ai 200 x. 1, 2 = *Patelloides juvavica* Leitschner; 3,4 = *Crassicollaria colomi* Remane; 5,6 = *Calpionella elliptica* Cadisch; 7,8 = *Calpionella alpina grandis* Doben; 9,10 = *Calpionellites darderi* (Colom); 11,12,13 = *Tintinnopsella carpathica* (Murgeanu e Filipescu); 14,15 = *Calpionellites neocomiensis* Colom; 16-17 = *Tintinnopsella cadischiana* Colom; 18,19 = *Calpionellites uncinata* Cita e Pasquaré; 20,21 = *Tintinnopsella colomi* Boller; 22, 23,24 = *Amphorellina subacuta* Colom; 25 = *Colomiella mexicana* Bonet.
Le specie sono elencate seguendo l'ordine stratigrafico.

D) FORAMINIFERI

I Foraminiferi sono Protozoi microscopici che vivono in ambiente acquatico; dalla maggioranza degli autori sono classificati come Rizopodi. Essi sono forniti di un guscio chitinoso, arenaceo o calcareo, che spesso si presenta attraversato da minuscole perforazioni. Le loro dimensioni variano da 0,01 a 100 millimetri, ma per lo più sono comprese fra 0,1 e 1 millimetro.

I Foraminiferi sono contenuti spesso in grande quantità nei mari attuali, a tutte le profondità e a tutte le latitudini; essi si incontrano comunemente in quasi tutte le rocce sedimentarie, e talvolta possono assumere una vera importanza litogenetica (es. calcari a Nummuliti). I Foraminiferi fossili si incontrano attraverso tutte le formazioni geologiche, dal Cambriano al Recente; sono dei buoni fossili, e talvolta degli ottimi fossili; la loro importanza stratigrafica è complessivamente superiore a quella di tutti i microfossili finora considerati, specialmente per i terreni mesozoici e terziari.

Morfologia

L'organismo dei Foraminiferi consiste di due parti: il citoplasma, costituito dalla materia vivente, ed il guscio, che può essere di diversa natura.

Nel citoplasma possiamo distinguere:

a) un **endoplasma,** che è racchiuso all'interno del guscio e contiene il nucleo della cellula, o i nuclei qualora questi siano multipli;
b) un **ectoplasma** che è in contatto con il mondo esterno, e dal quale traggono origine gli pseudopodii. Endoplasma ed ectoplasma comu

nicano attraverso l'apertura o le aperture del guscio e, nel caso si tratti di Foraminiferi perforati, anche attraverso i pori del guscio.

Gli **pseudopodii** sono sottilissime ramificazioni protoplasmatiche che cambiano rapidamente forma e direzione; possono anastomizzarsi; le loro funzioni sono molteplici e vanno dalla locomozione alla ricerca e cattura del cibo, all'espulsione delle sostanza non digerite dall'endoplasma.

Il **guscio** può essere chitinoso, arenaceo, calcareo o siliceo. La sua costituzione, la sua struttura e la sua morfologia hanno un'importanza fondamentale nella tassonomia, per cui verranno trattati più dettagliatamente nelle pagine seguenti.

Biologia

La **nutrizione** avviene ad opera degli pseudopodii, la cui funzione principale è appunto quella di cercare e di catturare il cibo, il quale consiste principalmente in alghe microscopiche (Diatomee), Infusori, larve di Copepodi ecc. sia vivi, sia in stato di decomposizione. La digestione avviene in parte nello stesso ectoplasma, in parte maggiore nell'endoplasma. Le frazioni di cibo non digerite vengono espulse mediante l'ectoplasma. Si è osservata la formazione di «cisti di nutrizione» all'esterno del guscio dei Foraminiferi, dove il cibo viene trattenuto e parzialmente digerito dagli pseudopodii.

Il **movimento** avviene per mezzo degli pseudopodii, ed è lentissimo (qualche millimetro all'ora); questo genere di movimento si osserva nei Foraminiferi che abitano al fondo e che sono liberi di muoversi (benthos mobile), ossia nella grande maggioranza. Vi sono però numerosi Foraminiferi che vivono al fondo fissati ad altri organismi vegetali (Alghe) o animali (Coralli, gusci di Molluschi ecc.) o diretta-

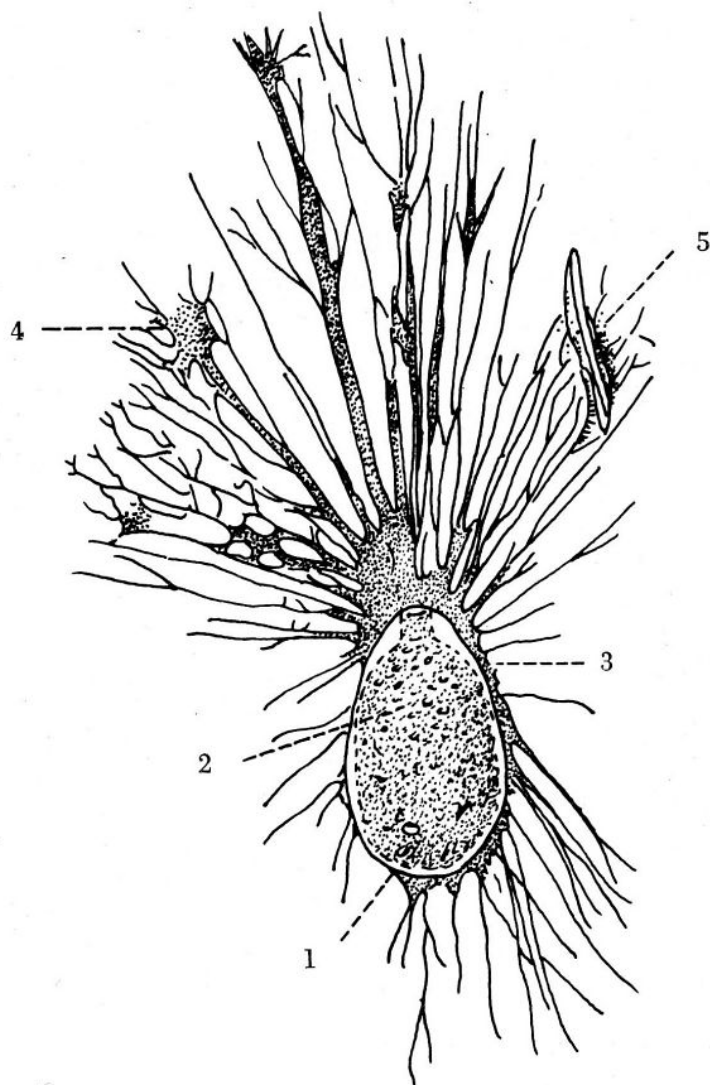



Fig. 154 - Esempio di Foraminifero vivente. Sono riconoscibili la parete del guscio (1), l'endoplasma (2), l'ectoplasma (3) con pseudopodii che a volte si anastomizzano (4); il n. 5 indica una Diatomea circondata dagli pseudopodii. Da *Cushman* 1955.

mente alla roccia, e che non si muovono affatto. Altri Foraminiferi in fine, numerosissimi pur appartenendo a specie e generi relativamente scarsi, vivono galleggiando; in essi i movimenti passivi provocati dal vento e dalle correnti sono più importanti di quelli propri, dovuti alla agitazione degli pseudopodii.

L'**accrescimento** del guscio può essere continuo o discontinuo Per quanto è dato sapere, nei Foraminiferi con guscio uniloculare, internamente indiviso, l'accrescimento o avviene solo nella prima fase di vita e, una volta costruito il guscio, cessa completamente; o è continuo, e implica una continua ricostruzione di piccole porzioni del guscio. Nei Foraminiferi con guscio pluriloculare invece lo accrescimento è periodico. Si chiama **proloculus** la prima camera, che ha quasi sempre una forma sferica; le camere successive possono avere svariate forme, e corrispondono ad altrettante fasi di accrescimento dell'organismo. In base alle osservazioni sperimentali effettuate, si formano delle «cisti di accrescimento» entro alle quali ha luogo la formazione del guscio della nuova camera; il tempo che intercorre fra la formazione della ciste e la calcificazione della parete della nuova camera (nel caso di Foraminiferi a guscio calcareo perforato) può essere di qualche ora.

Fig. 155 - Disegno schematico di una sezione orizzontale leggermente obliqua, prossima alla superficie del lato spirale di un Foraminifero bilamellare. Da *Reiss* 1957. l.e.= lamella esterna. l.i. = lamella interna. c = sistema di canali.

Nei Foraminiferi più evoluti, ossia in quelli a guscio calcareo perforato che vengono raggruppati, secondo la classificazione di **Reiss** (1963), nelle superfamiglie *Bilamellidea* e *Rotaliidea*, durante ogni fase di accrescimento l'animale secerne un sottile strato calcareo che

forma la parete esterna dell' ultima camera e che ricopre interamente il guscio precedente. Ne consegue che le pareti esterne di ogni camera sono formate da un numero di lamelle pari a quello delle camere che la seguono e che, in senso generale, i gusci hanno uno spessore progressivo decrescente dalle prime alle ultime camere (vedi fig.155).

Le dimensioni delle camere sono di regola crescenti dal proloculus verso l'ultima camera, ma si notano numerose eccezioni a questa regola. La forma di una nuova camera aggiunta normalmente è simile a quella della precedente; camere diverse si trovano però in alcuni generi di Foraminiferi. Camere di forma irregolare o con pareti scarsamente calcificate possono formarsi in condizioni sfavorevoli alla vita, quali eccesso di salinità, scarsità di carbonati nell'acqua o altro. Si conoscono casi di **rigenerazione**, specie in grandi Foraminiferi; si interpretano come frammenti di gusci contenenti protoplasma fornito di nucleo, i quali hanno rigenerato individui completi, di forma peraltro irregolare.

Risultati di estremo interesse sono stati ottenuti da **Nieholm** (1961) riguardo alla morfogenesi e alla biologia di *Cibicides lobatulus* (Walker & Jacob). Questa specie è stata scelta perchè, vivendo attaccata al substrato, offre migliori possibilità di osservazione.

Lo studio è stato eseguito prelevando mensilmente, per quattro anni, degli esemplari di *Cibicides lobatulus* nel fiordo di Gullmar (Svezia meridionale), ad una profondità di 40-50 m. Sono state fatte osservazioni anche su culture della medesima specie per controllare il ciclo vitale, ma non è stato possibile completare un intero ciclo in una singola cultura.

Gli esemplari erano in massima parte epizoici su delle Ascidie, e la loro morfologia risultava influenzata dalle variazioni nella posizione delle Ascidie ed anche, fino a un certo punto, dalla ruvidi-

tà della loro tunica.

E' stato osservato che si possono formare tre principali tipi di guscio:

a) un guscio monotalamico, di forma conica, con uno strato esterno agglutinato, simile a *Crithionina* o *Webbina*,
b) un guscio concamerato che, a seconda dei casi, presenta le caratteristiche generiche di *Cibicides*, *Dyocibicides*, *Annulocibicides*, *Cyclocibicides*, *Stichocibicides* e *Rectocibicides*,
c) un grande guscio concamerato simile a *Planorbulina*.

Benchè le forme attaccate, come è appunto *Cibicides lobatulus*, siano notoriamente fra le più variabili, pure le esperienze di **Nieholm** sono veramente fondamentali ed aprono nuovi orizzonti nella tassonomia dei Foraminiferi. A seconda del variare delle stagioni o della rugosità della tunica delle Ascidie infatti la medesima specie realizzava dei gusci che, in base alla loro costituzione, e alla loro morfologia, dovrebbero venire inclusi in generi assai distanti fra loro per posizione sistematica.

Riproduzione

La riproduzione dei Foraminiferi può avvenire in due modi, per scissione o per coniugazione: i prodotti dei due modi di generazione sono differenti **(dimorfismo)**. Il ciclo vitale dei Foraminiferi è molto interessante, e riveste un significato notevole anche dal punto di vista paleontologico; basti dire che furono i paleontologi, e non i biologi, a fare le osservazioni fondamentali che portarono alla scoperta del ciclo di riproduzione dei Foraminiferi.

Fu verso la fine del secolo scorso che si arrivò, per gradi, alla ricostruzione del ciclo. Inizialmente **De la Harpe** e **Hantken** osser-

varono che nelle popolazioni di Nummuliti si trovano sempre associate due specie appartenenti allo stesso gruppo; in ognuna di queste «coppie» di Nummuliti una specie ha il proloculus piccolo ed è di dimensioni maggiori dell'altra, mentre la seconda ha il proloculus grande, ma è complessivamente più piccola. In seguito **Munier-Chalmas** considerò le due «specie» accoppiate come **forme dimorfiche** di una

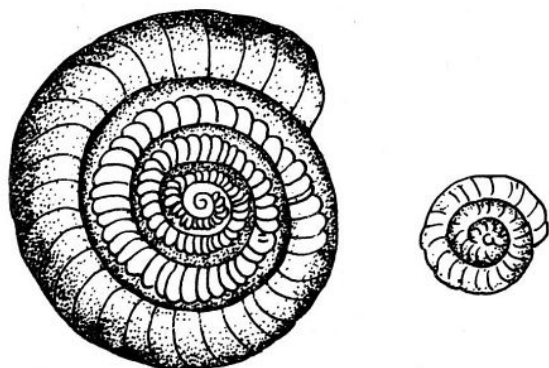



Fig. 156 - Forma microsferica (a sinistra) e megalosferica (a destra) di una Nummulite. Da *Glaessner* 1945.

medesima specie e, più tardi, si arrivò alla definizione dei termini **microsfera** (per la forma grande con proloculus piccolo) e **megalosfera** (per la forma piccola con proloculus grande). Le osservazioni fondamentali erano fatte, anche se non era ancora chiaro il significato di questo dimorfismo. Successivamente due biologi osservarono sperimentalmente in laboratorio la riproduzione di *Elphidium crispum* e diedero la spiegazione biologica del dimorfismo: si tratta di un'alternanza di due generazioni connesse con due diversi tipi di riproduzione.

In definitiva, in base ai risultati sperimentali, il ciclo vitale dei Foraminiferi può essere schematizzato come segue:

a) si parte dalla forma tipica (**agamonte, schizonte** detta anche forma B) che ha camera iniziale piccola ed è di dimensioni grandi. L'individuo adulto è generalmente provvisto di numerosi nuclei;

b) a un certo punto il protoplasma abbandona il guscio, e attorno ad ogni nucleo si raggruppa una porzione di protoplasma che assume una forma sferica: tutte queste nuove piccole cellule hanno uguali dimensioni, e secernono un sottile guscio calcareo; si forma così il proloculus del nuovo individuo megalosferico, chiamato schizozoite. Questo tipo di riproduzione si chiama per **schizogonia;**

c) al proloculus vengono aggiunte successivamente per accrescimento le altre camere, e si forma un individuo megalosferico (**gamonte** o forma A) appartenente alla nuova generazione;

d) raggiunta la maturità, l'individuo megalosferico si riproduce nel modo seguente: il nucleo si divide in numerose porzioni, e intorno a ciascuna di esse si raggruppa un po' di protoplasma; esse si trasformano in zoospore flagellate, libere, senza guscio;

e) le zoospore abbandonano il guscio materno e si coniugano; dalla fusione dei gameti si forma un embrione (**zigote**) che secerne una conchiglia; è questo il proloculus della generazione microsferica, che in seguito ad accrescimento dà luogo a un individuo adulto uguale a quello considerato in a). Questo secondo tipo di riproduzione è chiamato per **gamogonia.**

In questo modo si spiega il dimorfismo dei Foraminiferi, dovuto all'alternanza di una generazione agamica per sporulazione o schizogonia (che origina gli individui megalosferici) con una generazione per coniugazione o gamogonia (che origina gli individui microsferici).

Il ciclo vitale ora descritto è stato realmente osservato in *Elphidium crispum.* In altre specie si hanno condizioni diverse, soprattutto nella fase d), ossia nella generazione per gamogonia. A volte i gameti non sono flagellati, ma hanno un aspetto ameboide. In *Patellina corrugata* la generazione sessuata ha luogo entro a una cisti nella quale si racchiudono due o più individui megalosferici.

L'alternanza delle generazioni non si verifica regolarmente in natura: in realtà quella per schizogonia è molto più comune. Il rapporto fra le forme microsferiche (originate per gamogonia) e quelle megalosferiche (nate per schizogonia) è da 1 a 5 in *Patellina*, da 1 a 2 in *Discorbis opercularis*, da 1 a 24 in *Planorbulina mediterranensis* e da 1 a 30 in *Elphidium*. Questo rapporto varia anche con le stagioni e tende ad aumentare (ossia la generazione sessuata diviene più frequente) in condizioni di vita avverse.

Il dimorfismo per alternanza di generazioni è stato constatato in molti casi, ed è evidente soprattutto nei grandi Foraminiferi, dove le dimensioni delle forme micro- e megalosferiche sono molto diverse. Nella maggior parte dei piccoli Foraminiferi le due forme hanno dimensioni praticamente uguali.

Le forme megalosferiche - come già accennato - sono molto più comuni di quelle microsferiche; per moltissime specie anzi la microsfera non è conosciuta. La conoscenza di entrambe le forme è molto interessante per l'interpretazione filogenetica dei Foraminiferi: infatti la forma microsferica è conservativa e riproduce le forme ancestrali, essendo in essa ben rappresentati gli stadi giovanili, che indicano la storia dello sviluppo della specie. Gli stadi giovanili sono invece molto meno conservati nella forma megalosferica, che è considerata come una forma progressiva, tendente ad evolversi rapidamente: dall'osservazione della forma megalosferica si possono trarre interessanti induzioni sullo sviluppo successivo della specie.

Glaessner afferma che nei Foraminiferi in generale e particolarmente lungo le singole linee filetiche dei grandi Foraminiferi più complessi il dimorfismo, ossia la differenza fra la generazione microsferica e quella megalosferica, tende ad aumentare nel corso dell'evoluzione. Nelle Fusuline, nelle Alveoline, nelle Nummuliti, nelle Le-

pidocycline la differenza, specialmente per quel che riguarda le dimensioni del guscio, raggiunge il suo massimo nelle forme considerate come stadi finali di linee filogenetiche.

Nella generazione dei Foraminiferi si è parlato anche con una certa insistenza di **trimorfismo,** qualche decina di anni fa. **Hofker,** il sostenitore del trimorfismo, osservò che oltre alla forma microsferica, si possono distinguere in alcuni Foraminiferi due diversi tipi di forme megalosferiche, differenti fra loro per le dimensioni del proloculus.

Secondo l'interpretazione di **Hofker** andrebbero raggruppati, come appartenenti alla medesima specie, Foraminiferi che non solo so-

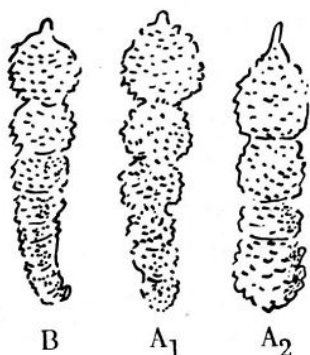



Fig. 157 - Foraminiferi appartenenti a specie e generi diversi, interpretate da Hofker come forme trimorfiche di una medesima specie. Da *Cushman* 1955. B = *Marginulina hirsuta* (microsferica); A-1 = *Dentalina floscula* (megalosferica); A-2 = *Nodosaria aculeata* (megalosferica).

no considerati come specie differenti, ma che appartengono a generi distinti (v. fig. 157.).

L'ipotesi del trimorfismo fu accolta sfavorevolmente dalla maggioranza degli studiosi; ora però sta riprendendo piede. Infatti le tre generazioni microsferica (B), megalosferica con proloculus di dimensioni normali (A-1), megalosferica con proloculus di dimensioni eccezionali (A-2) detta anche gigantosferica sono state riconosciute da **Reichel** nelle Alveoline, da **Kochansky-Devidé** in *Orbitopsella,* da **Maync** in *Iberina* e in *Orbitopsella,* da **Sigal** in *Choffatella.*

Le misure statistiche effettuate da **Maync** sulla variazione dei

diametri dei proloculi megalosferici di *Iberina lusitanica* dimostrano che il diametro della forma A-1 differisce sempre da quello della forma A-2: i campi di dispersione sono nettamente separati, senza transizione di valori. Sembra dunque che non vi sia un polimorfismo della generazione A-1, ma due forme distinte.

Le due generazioni megalosferiche danno luogo alla forma B per fusione dei gameti. La generazione A-1 o quella A-2 possono mancare **(dimorfismo)** e qualche volta può venire soppressa anche la generazione microsferica, non restando che forme megalosferiche **(apogamia)**.

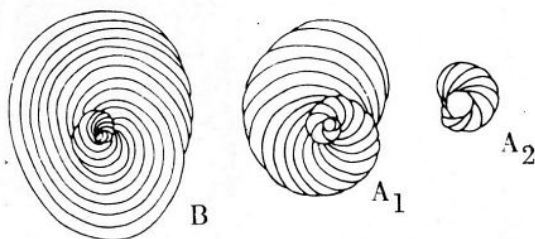



Fig. 158 - Sezioni equatoriali di *Iberina lusitanica*. Da *Maync*. B = forma microsferica; A-1 = forma megalosferica; A-2 = forma gigantosferica.

Nei Foraminiferi sono stati osservati anche casi di **plastogamia**, quando un giovane organismo cresce direttamente dall'area ombelicale di un individuo maggiore (fig. 159).

Fig. 159 - Esempio di plastogamia. Da *Glaessner*. '45.

Irregolarità nella riproduzione sono state rilevate recentemente in alcuni grandi Foraminiferi. Embrioni gemellari sono stati osservati da **Hottinger** (1960) in esemplari megalosferici di *Alveolina*, (v. fig. 160), da **Hofker** jr. (1963) in *Orbitolina* (v. fig. 161).

Cassan e **Sigal** hanno descritto nel 1961 un caso di schizogonia intratalamica. Nella parte periferica della sezione equatoriale di un esemplare microsferico di *Orbitoides media* d'Archiac erano sviluppati almeno 5 embrioni megalosferici (due dei quali rappresentati nella fig. 162). riconoscibili nelle cavità scavate nello strato equatoriale.

Tali irregolarità hanno un carattere eccezionale chiaramente

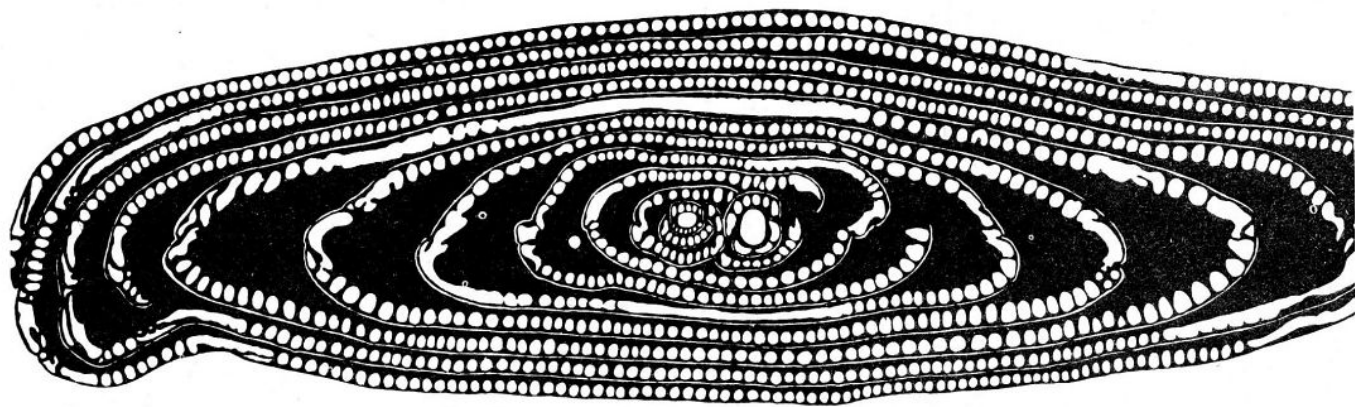



Fig. 160 - Sezione assiale di un esemplare megalosferico gemellare di *Alveolina rütimeyeri* Hottinger del Cuisiano, x 20. Da *Hottinger* 1960.

Fig. 161 - Sezione assiale di un esemplare megalosferico con embrione gemellare di *Orbitolina lenticularis* (Blumenbach), x 50. Da *Hofker* jr. 1963.

dimostrabile e non hanno niente a che fare con le presunte irregolarità del ciclo riproduttivo postulate da **Storrs Cole** (1963) per affermare che la presenza di camere embrionali pluriloculari negli Orbitoidi non può essere considerata come un carattere tassonomico a livello del genere, e che non può avere neppure un significato stratigrafico.

Al contrario, riteniamo che il numero e la forma delle camere embrionali abbiano un valore preminente nella classificazione degli Orbitoidi.

Fig. 162 - Embrioni megalosferici intratalamici osservati nella porzione periferica di una sezione equatoriale di un esemplare microsferico di *Orbitoides media* d'Archiac. Da *Cassan* e *Sigal* 1961.

Costituzione del guscio

Il guscio è l'unica parte che si conserva nei Foraminiferi fossili ed ha quindi importanza fondamentale in micropaleontologia.

Oltre ai caratteri morfologici del guscio che analizzeremo più avanti, hanno importanza tassonomica anche 1) la sua composizione chimica che può essere chitinosa, arenacea, silicea e calcarea, 2) la tessitura, 3) le perforazioni, 4) la stratificazione, 5) l'ornamentazione.

1) **Gusci chitinosi** si trovano nei Foraminiferi più primitivi. Completamente chitinoso è il guscio delle *Lagynidae* che appunto per questo non sono conosciute fossili. In altre famiglie, sempre di tipo primitivo, il guscio è parzialmente chitinoso: così in molti Foraminiferi a guscio arenaceo vi è uno strato interno di tectina. In altri casi la tectina è mescolata alla calcite: così nei gusci cosiddetti «porcellanacei» (*Miliolidae, Alveolinidae* ecc.) esternamente allo strato chitinoso si trova uno spesso strato imperforato formato da calcite mista a piccole quantità di tectina. I gusci chitinosi sono spesso sottili e trasparenti; il loro colore è marroncino.

Gusci arenacei, detti anche **agglutinanti,** si incontrano in numerose famiglie, di tipo più o meno decisamente primitivo. Col termine «arenaceo» non si indica una particolare natura chimica: infatti questi gusci sono in gran parte costituiti da sabbia silicea, ma possono essere formati anche da granelli di calcare o da minuscole conchiglie pure calcaree, per cui si incontrano gusci arenacei che si dissolvono in acido. Nei gusci arenacei distinguiamo una parte secreta dall'organismo (detta cemento), ed una estranea, agglutinata; spesso si osserva uno strato interno chitinoso, seguito esternamente da quello arenaceo. I granelli che costituiscono il guscio arenaceo sono tenuti insieme da un cemento generalmente calcareo, ma che può essere anche ferrugginoso; il cemento è chitinoso nelle famiglie più primitive.

A volte si nota una marcata selettività nei riguardi dei corpuscoli agglutinati: vi sono Foraminiferi il cui guscio risulta costituito interamente ed esclusivamente da pagliette di mica, o da spicole di spugne o altro.

Nelle famiglie più primitive i gusci arenacei hanno spesso una tessitura assai grossolana, ma in famiglie più evolute spesso la

tessitura è finissima, ed il cemento (calcareo) entra nella composizione del guscio in quantità pari o addirittura superiore a quella delle sostanze agglutinate; in questi casi può riuscire difficile riconoscere la sua reale natura. Il colore dei gusci arenacei - qualora non sia alterato a causa dei processi di fossilizzazione - è generalmente più scuro di quello dei gusci calcarei. La maggioranza dei Foraminiferi a guscio arenaceo è sprovvista di pori (imperforati); in alcune famiglie più evolute però (es. *Textulariidae*) si trovano gusci arenacei perforati.

Gusci silicei sono estremamente rari fra i Foraminiferi. Pochissime forme marine hanno un guscio siliceo originario, non dovuto a processi di fossilizzazione; questi Foraminiferi erano raggruppati da **Cushman** nella famiglia delle *Silicinidae*, il cui carattere tassonomico fondamentale riguarda appunto la composizione del guscio. In complesso le notizie che si hanno sui Foraminiferi a guscio siliceo sono scarse e in parte contradditorie.

Gusci calcarei sono sviluppati nella grande maggioranza dei Foraminiferi, e in particolare nelle famiglie che hanno raggiunto i maggiori gradi evolutivi. I gusci calcarei possono presentarsi **imperforati** o **perforati.**

I gusci calcarei imperforati (presenti tipicamente nelle famiglie delle *Miliolidae*, delle *Ophtalmidiidae*, delle *Alveolinidae*) hanno un aspetto porcellanaceo, lucente e opaco, di color bianco brillante; osservati per trasparenza, hanno un colore marroncino che è messo in relazione con la presenza di tectina nel guscio stesso.

I gusci calcarei perforati caratterizzano la maggior parte dei Foraminiferi conosciuti; essi sono generalmente più sottili di quelli imperforati, per lo meno nei piccoli Foraminiferi; a volte hanno un

aspetto vitreo e sono trasparenti (es. certe *Nodosariidae*); possono anche essere colorati: alcune Globigerine viventi nei mari attuali presentano un guscio intensamente colorato in rosso o in rosa carnicino.

2) Per quanto concerne la **tessitura** del guscio, ossia la sua struttura interna, essa appare importante ed ha valore tassonomico specialmente nei Foraminiferi a guscio calcareo. Nei gusci arenacei le dimensioni dei granuli agglutinati hanno valore tassonomico piuttosto modesto. Nelle Fusuline e forme affini la struttura del guscio può presentarsi in diverse forme, ed ha valore tassonomico, come vedremo più avanti, trattando di questi Foraminiferi.

Nei gusci calcitici si possono incontrare le seguenti tessiture: granulare, spiculare e fibrosa.

La tessitura granulare è la più primitiva. Si trova nel cemento calcareo dei gusci agglutinati e nei Foraminiferi a guscio calcareo imperforato («porcellanaceo»); quella spiculare è la più rara; quella fibrosa infine (cristalli disposti radialmente, con l'asse ottico perpendicolare alla superficie esterna del guscio) è la più interessante e si trova nei Foraminiferi più evoluti e complessi («Foraminiferi lamellari» nel senso di **Reiss**).

I caratteri tessiturali dei gusci dei Foraminiferi sono assai delicati e difficili da studiare: innanzitutto si deve disporre di sezioni (orientate) dei gusci. In secondo luogo bisogna che i gusci stessi non siano stati ricristallizzati, altrimenti la tessitura originaria è obliterata e si può incorrere in gravi errori nell'interpretazione filogenetica delle forme in osservazione. Così ad esempio la superfamiglia delle «Spirillinoidea» di **Pokorny** è stata istituita per una famiglia rappresentata da un unico genere *(Spirillina)* il cui carattere fondamentale, che lo differenzierebbe da tutti gli altri Foraminiferi

sarebbe quello di essere costituito da un unico cristallo di calcite o da pochi grossi cristalli. Secondo le ricerche più recenti pare che questo carattere non sussista e che il fenomeno osservato in alcuni esemplari mesozoici sia dovuto a ricristallizzazione.

3) A differenza dei caratteri precedentemente esaminati, quello concernente le perforazioni non riguarda tutti i Foraminiferi, ma solo una parte (sia pure assai considerevole) di essi. I gusci più primitivi infatti, a composizione chitinosa, arenacea, silicea o calcarea, sono imperforati.

Anche nei Foraminiferi perforati vi sono sempre delle parti del guscio che sono imperforate. Le cosiddette «ornamentazioni» (carene, pilastri, spine ecc.) sono imperforate. Anche le strutture connesse con l'apertura (labbra, piastre ombelicali ecc.) sono sempre imperforate, mentre le perforazioni sono generalmente meno numerose del solito nella faccia di apertura.

Le dimensioni dei pori sia considerate in senso assoluto, sia in rapporto al loro numero per unità di superficie, sono ritenute da alcuni autori (es. **Hofker**) come un carattere tassonomico di grande valore. Si ritiene che i pori sottili (0,5-5 micron) siano primitivi, e che i pori larghi (fino a 15 micron) siano caratteristici di forme estremamente specializzate. Secondo **Hofker** le dimensioni dei pori sono un carattere costante in una data specie e tendono ad aumentare nel corso dello sviluppo filogenetico. Questo autore chiama «indice dei pori» il rapporto fra il diametro dei pori e il numero dei pori per unità di superficie.

4) Grande importanza è data alla stratificazione, presente solo nei Foraminiferi più evoluti, che possiedono un guscio calcareo perforato, da alcuni autori **(Smout, Reiss)**, e specialmente da quest' ultimo

autore, nella sua recente riclassificazione dei Foraminiferi lamellari (1963). Egli sostiene che la formazione del guscio è molto più valida della sua forma, come base della classificazione dei Foraminiferi.

Come è stato detto più indietro (v. pag.236) i Foraminiferi lamellari hanno un guscio costituito da lamelle di aragonite o di calcite: ogni lamella forma la parete esterna di una camera e ricopre nello stesso tempo il guscio formato precedentemente, al quale aderisce. Ne consegue un ispessimento secondario del guscio nelle sue parti formatesi per prime. L'ispessimento interessa solo le pareti esterne delle camere, non i setti fra le camere (v. fig.155). Si parla di **lamella esterna** (ed è la principale) per indicare quella che costituisce la parte esterna del guscio, e che si ispessisce progressivamente per l'aggiunta di strati concentrici; di **lamella interna,** per indicare quella interna alla prima e generalmente più sottile di essa.

5) **L'ornamentazione** è sviluppata specialmente nei Foraminiferi a guscio calcareo. Può interessare la parete delle camere, le suture fra le camere, la sutura spirale, il margine periferico. L'ornamentazione consiste in coste più o meno rilevate, in spine, granulazioni e

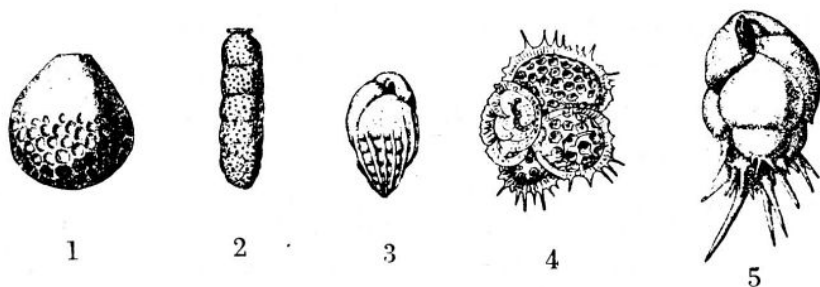



Fig. 163 - Tipi di ornamentazione: 1 = reticolata; 2 = punteggiata; 3 = costata; 4 = «calcellata»; 5 = con spine aciculari. Da *Cushman* 1955.

tubercoli di diversa forma. Essa può essere estesa a tutto il guscio o essere limitata ad alcune porzioni. A volte le ultime camere si presentano lisce mentre le prime sono molto ornate; altre volte si osserva il contrario. Un'ornamentazione molto accentuata è messa in rapporto con una grande ricchezza di carbonato di calcio nelle acque.

Morfologia del guscio

La forma del guscio dei Foraminiferi è estremamente variabile ed è un carattere tassonomico di una certa importanza, riguardante specialmente la distinzione dei generi. Occorre ricordare che forme del guscio simili si possono incontrare in gruppi di Foraminiferi profondamente diversi per altri caratteri di importanza fondamentale (convergenza): così una forma lenticolare si ritrova in famiglie tra loro assai distanti nella classificazione come Orbitoididae, Lagenidae, Num

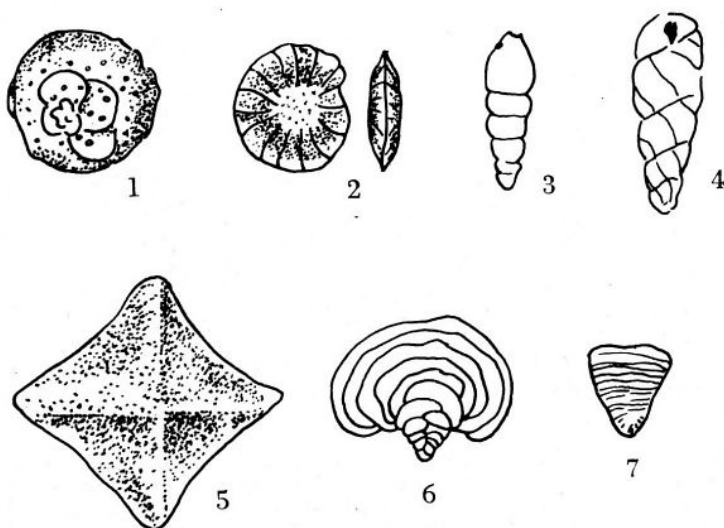



Fig. 164 - Forme del guscio nei Foraminiferi: 1 = globosa; 2 = lenticolare; 3 = allungata; 4 = fusiforme; 5 = stellata; 6 = a ventaglio; 7 = conica. Da *Cushman* '55

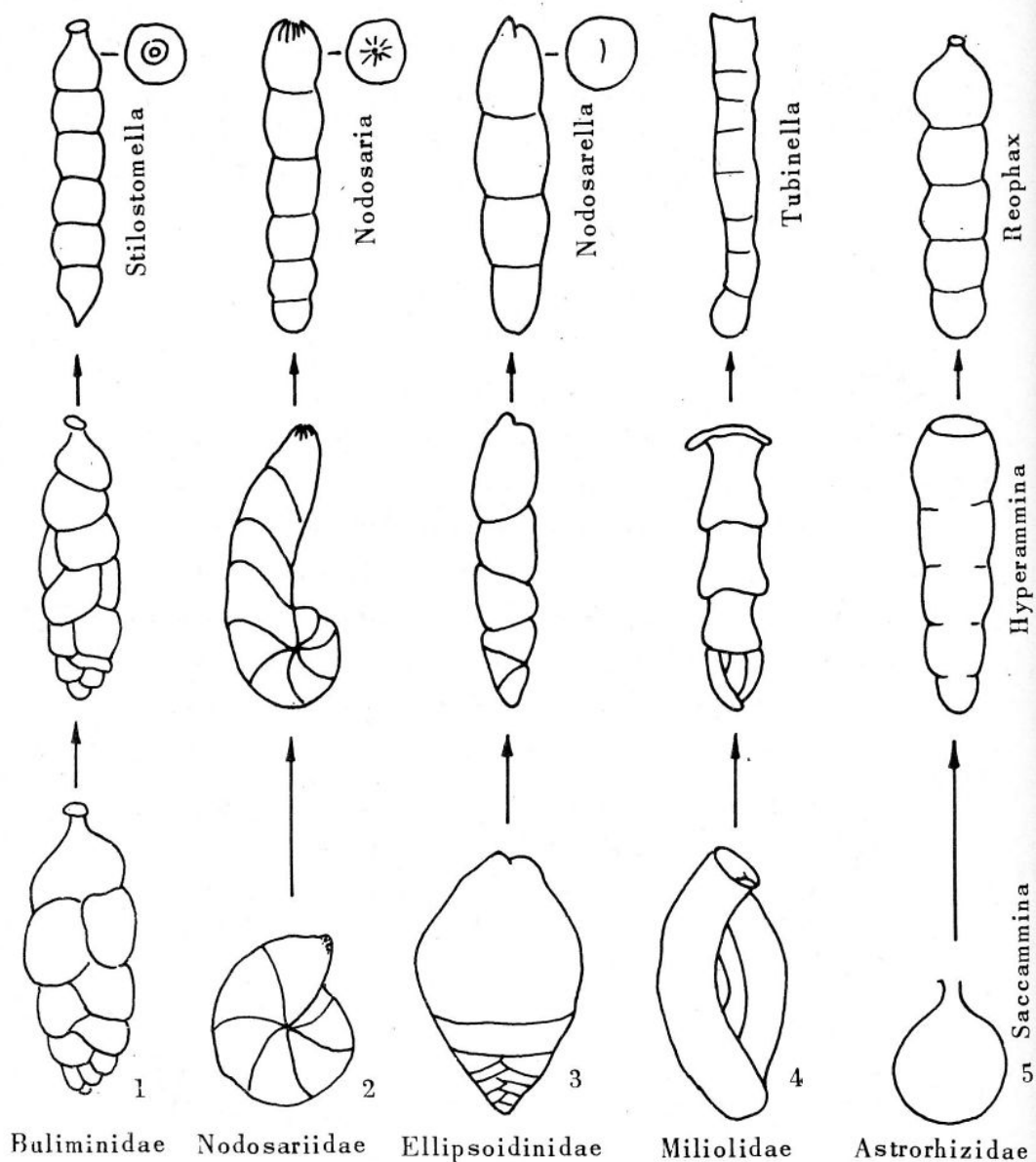



Fig. 165 - Dimostrazione schematica dello sviluppo convergente verso forme ad avvolgimento uniseriale presso diverse famiglie di Foraminiferi. Le tre forme finali delle linee 1-3, che possiedono tutte un guscio calcareo perforato, erano una volta raggruppate insieme nel genere formale «Nodosaria». Queste forme rappresentano un esempio di come nei Foraminiferi la forma del guscio abbia un valore tassonomico inferiore alla forma dell'apertura. Da *Pokorny* 1958.

mulitidae, Nonionidae ecc. Gusci sferici si possono trovare sia in Foraminiferi a guscio arenaceo, sia a guscio calcareo, planctonici (es. *Orbulina*) o bentonici (es. *Lagena*). Oltre a quelle citate, le forme più comuni nei gusci dei Foraminiferi sono, fra le altre, quella allungata (es. *Nodosaria*), fusiforme (*Bulimina*), stellata (*Asterocyclina*), a ventaglio (*Peneroplis*), conica (*Orbitolina*), discoidale (*Omphalocyclus*), dentritica (*Ramulina*), ecc.

Numero e forma delle camere; loro disposizione

I caratteri riguardanti le camere sono di grande importanza tassonomica sia per quello che riguarda il loro numero, sia per la loro forma e disposizione.

Per il numero delle camere, occorre distinguere anzitutto i Foraminiferi **uniloculari**, costituiti da una sola camera (detti anche monotalamici), quelli **biloculari**, costituiti dal proloculus e dalla camera di abitazione, e quelli **pluriloculari** (politalamici), costituiti da più camere.

Le forme uniloculari sono le più semplici e primitive: alcune forme apparentemente costituite da una sola camera (es. *Orbulina universa*) rivelano, sezionate, la presenza di piccole camere interne che sono completamente nascoste dall'ultima. Nei gusci pluriloculari la camera iniziale (proloculus) è quasi sempre di forma sferica: quelle successive possono avere forme svariate; fra le forme più comuni ricordo la sferica, ovoidale, cilindrica, prismatica, semilunare, reniforme ecc. Si trovano anche camere anulari, che abbracciano tutto il guscio, e camere di forma irregolare, specialmente ne. Foraminiferi attaccati.

Non sempre le camere di un individuo hanno tutte la medesima forma; si possono avere differenze anche notevoli nei vari stadi di

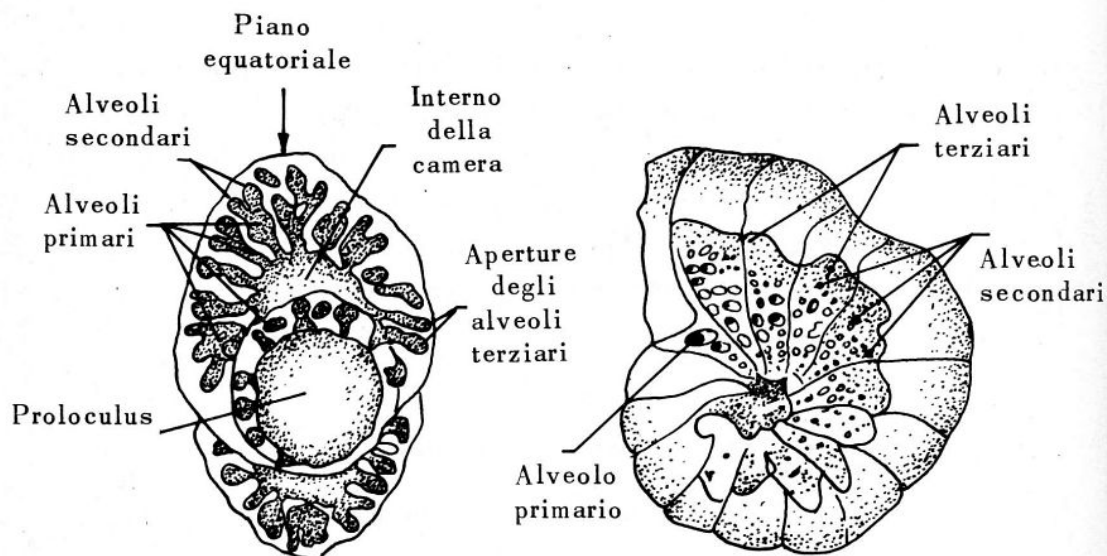



Fig. 166 - Struttura alveolare di *Cyclammina cancellata.* Da *Pokorny* 1958.

sviluppo. In alcuni gruppi di grandi Foraminiferi (es. Orbitoididae, Miogypsinidae) si ha uno strato principale di camere aventi una certa forma (camere equatoriali), mentre lateralmente, al di sopra e al di sotto dello strato equatoriale, sono sviluppate camere aventi forma diversa (camere laterali). Talvolta le camere sono suddivise internamente in **camerette** secondarie come avviene spesso nei grandi Foraminiferi.

Strutture alveolari si incontrano a volte nei Foraminiferi a guscio arenaceo (v. fig. 166). Strutture di questo tipo possono evolversi dando luogo a **strutture labirintiche** (v. fig. 167).

Fig. 167 - Struttura labirintica. Da *Cushman* 1955.

Suture vengono chiamate le separazioni fra le camere e, nelle forme spiralate, le separazioni fra i giri; in quest'ultimo caso si parla di suture spirali, per distinguerle dalle altre (v. fig. 168). Le suture rappresentano l'intersezione fra le pare-

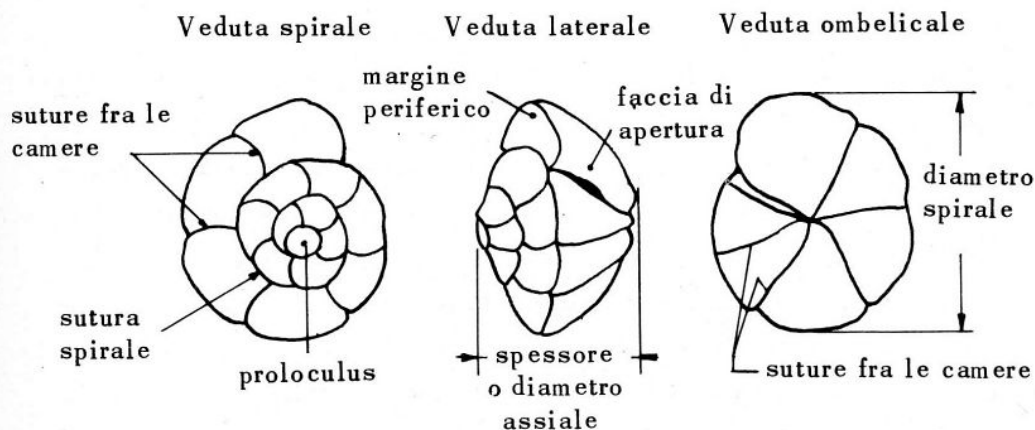



Fig. 168 - Terminologia in uso per i Foraminiferi con avvolgimento trocospirale. Da *Pokorny* 1958, modificato.

ti divisorie interne ed il guscio esterno. Generalmente sono depresse, ma possono essere anche a livello della superficie o rialzate; quando sono ispessite e rialzate vengono dette limbate. Si chiamano perlate le suture che, oltre ad essere rialzate, sono ornate da granulazioni in rilievo.

La **disposizione uniseriale** è la più semplice morfologicamente. Si riconosce un solo tipo di suture, che separano una camera dall'altra ed hanno un andamento più o meno nettamente opposto all'allungamento della conchiglia. La serie di camere può essere rettilinea, come in *Nodosaria* o curvilinea, come in *Dentalina*. Questo tipo di disposizione non è eccessivamente frequente; è rappresentato tipicamente nelle *Nodosariidae*.

La **disposizione spiralata** è quella di gran lunga più comune nei Foraminiferi. Distinguiamo un tipo planispirale, in cui le camere sono disposte in una serie che si avvolge a spirale su un unico piano. L'avvolgimento planispirale dà luogo a gusci con simmetria bilaterale. O-

gni spira può ricoprire completamente il giro precedente, così che solo l'ultimo resta visibile (avvolgimento involuto), o può lasciarlo tutto o in parte scoperto (avvolgimento evoluto). Quando il diametro assiale dei giri aumenta con l'accrescimento, la depressione centrale prende il nome di **ombelico.** Si chiama **umbone** il riempimento secondario dell'ombelico, a forma di bottone, che si nota in diversi Foraminiferi.

Nel tipo trocospirale la serie delle camere si avvolge secondo una spirale elicoidale, come nei gusci dei Gasteropodi. Non si ha qui una simmetria bilaterale. Il rapporto fra l'altezza della spira ed il diametro è un carattere molto importante nelle forme trocospirali. Hanno importanza tassonomica anche il numero dei giri, e il numero delle camere che costituiscono l'ultimo giro. Nei Foraminiferi ad avvolgimento trocospirale si chiama **lato spirale** (dorsale) quello solitamente rialzato, nel quale sono visibili tutti i giri della spirale, mentre è detto **lato ombelicale** (ventrale) quello opposto, dove generalmente è visibile solo l'ultimo giro della spira; la depressione centrale del lato dorsale prende il nome di ombelico.

Nelle forme trocospirali appiattite si chiama margine periferico il contorno esterno dell'ultimo giro; esso può essere continuo, lobato o munito di spine; visto trasversalmente, il margine esterno può presentarsi carenato, acuto o arrotondato. Anche i caratteri relativi al margine periferico hanno notevole importanza tassonomica.

Le forme a spirale molto rialzata (es. *Bulimina*) hanno a volte poche camere per ogni giro, tre o quattro. Si parla in tal caso di **disposizione triseriale** o **quadriseriale.**

Nelle forme a spirale rialzata (streptospirali) l'orientamento delle conchiglie si fa d'abitudine in modo opposto a quello che è stato indicato più indietro. Così in una *Uvigerina* o in una *Eggerella* o in una *Verneuilina* la parte appuntita, dove si trova il proloculus e le ca-

mere giovanili, viene situata in basso, mentre la camera che porta l'apertura si orienta verso l'alto. Solo alcuni autori russi orientano anche le forme a spirale molto rialzata con l'apertura in basso, come quelle normalmente trocospirali.

La **disposizione biseriale** è costituita da due serie parallele di camere; questa disposizione può derivare da un'avvolgimento inizialmente trocospirale, in cui il numero delle camere, dapprincipio più elevato, si riduce poi a due per ogni giro (es. *Dorothia*), oppure da un avvolgimento planispirale per rotazione delle camere successive di 180°, come in *Spiroplectammina* e in *Heterohelix*.

L' **avvolgimento su diversi piani** è del tutto peculiare, e si trova nella famiglia delle Miliolidae. Si tratta di una spirale continua con due camere per ogni giro: queste due camere possono essere disposte in piani differenti, con angoli di 144° o di 120° fra i piani stessi. Viste esternamente, si contano 5 camere nel primo caso, con angoli di 72° fra due camere adiacenti (avvolgimento di tipo *Quinqueloculina)*, mentre nel secondo caso si vedono tre camere (avvolgimento di tipo *Triloculina*). In alcune forme evolute (es. *Pyrgo*) nell'ultimo giro si vedono solo due camere, che si trovano opposte l'una all'altra, formando un angolo di 180°. In tutte le Miliolidi la fase giovanile è caratterizzata da un avvolgimento tipo *Quinqueloculina*, che si può evolvere successivamente negli altri tipi descritti o in altri ancora che saranno illustrati parlando di questa famiglia.

Disposizione anulare delle camere si trova in alcuni grandi Foraminiferi (Orbitoidi), dove cerchi concentrici formati dalle camere si presentano comunemente suddivisi in camerette secondarie. Camere anulari semplici si osservano anche in altre famiglie, ma sono in com-

plesso assai rare.

Disposizioni ramificate o irregolari sono rare, e si trovano sviluppate specialmente nei Foraminiferi che conducono una vita attaccata.

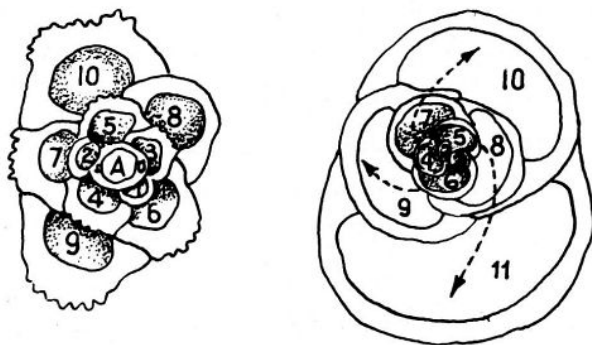
Disposizioni di tipo misto sono molto comuni: in molti Foraminiferi infatti la disposizione delle camere varia dallo stadio giovanile (detto anche nepionico) a quello adulto o neanico. Avvolgimenti di ti-

Quinqueloculina Triloculina

Fig. 169 - Sezioni trasversali di *Quinqueloculina* e *Triloculina*, mostranti la disposizione delle camere. Da *Sigal* in *Piveteau*, modificato.

po misto si incontrano specialmente nei Foraminiferi a guscio arenaceo (es. Verneuilinidae, Textulariidae), in alcuni grandi Foraminiferi (es. Orbitoididae, Miogypsinidae), nelle Miliolidae, nelle Heterohelicidae ecc. Si tratterà più a lungo di questo argomento illustrando singolarmente le varie famiglie.

Aperture

Si chiama apertura quel foro o quei fori di forma o di dimensioni variabili che mettono in comunicazione l'interno del guscio con l'esterno. Oltre all'apertura (che può essere semplice o multipla), vi so-

no però altri fori che interessano la parete del guscio: si chiamano **pori** quelle minuscole perforazioni che sono presenti in alcune parti dei gusci calcarei perforati; si chiamano **foramina** le aperture interne, invisibili all'esterno, che mettono in comunicazione fra loro le varie camere dei Foraminiferi politalamici. Dato il modo di accrescimento che abbiamo descritto, i foramina sono generalmente simili all'apertura che si può osservare nell'ultima camera.

Oltre ai foramina omologhi alle aperture primarie, si hanno comunicazioni fra le camere dovute al riassorbimento di una parte del setto (foramina secondari).

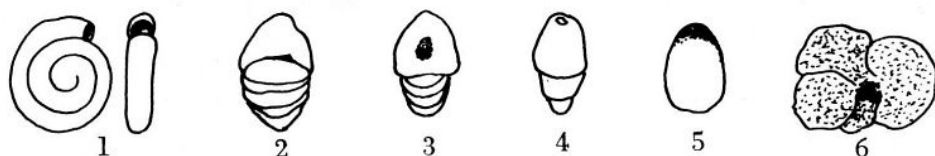



Fig. 170 - Posizione dell'apertura: 1 = alla fine di una camera tubolare; 2 = alla base della faccia di apertura; 3 = in posizione mediana (areale); 4 = terminale; 5 = laterale; 6 = ventrale. Da *Cushman* 1955.

L'apertura ha una notevole importanza tassonomica sia per quanto riguarda la sua posizione, sia per la forma.

Si chiama **faccia di apertura** quella parete della camera nella quale si trova l'apertura. Nelle forme allungate l'apertura è generalmente terminale. Nelle forme avvolte a spirale essa può trovarsi vicino al margine esterno (periferica), al centro della faccia di apertura (centrale o areale) o presso la base (basale): l'ultimo caso è il più comune nelle forme ad avvolgimento trocospirale, mentre l'apertura periferica si trova generalmente nelle forme planispirali.

La forma dell'apertura è un carattere tassonomico altrettanto importante quanto la sua posizione; si conoscono aperture circolari, ovali, allungate che sono i tipo più semplici. Aperture raggiate si trovano tipicamente nella famiglia delle *Nodosariidae;* talvolta l'apertu-

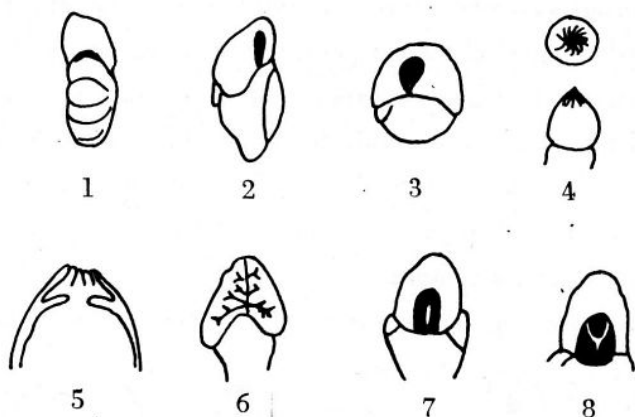



Fig. 171 - Tipi di apertura semplice: 1 = bassa e sottile, arcuata; 2 = allungata; 3 = a virgola; 4 = raggiata; 5 = raggiata con cameretta di apertura; 6 = dendritica; 7 = con dente semplice; 8 = con dente bifido. Da *Cushman* 1955.

ra raggiata non immette direttamente nella camera, ma è separata da questa mediante una piccola **cameretta di apertura.** L'apertura può avere una forma a virgola, come nelle Bulimine. Nel genere *Entosolenia* vi è un tubo rientrante che ostruisce parzialmente l'apertura. Nelle *Ellipsoidinidae* e nelle *Buliminidae* si osservano processi tubolari interni, connessi con l'apertura. In alcune forme l'apertura è circondata da un collaretto ispessito, e talvolta può essere sostenuta da una specie di collo tubolare, come in *Uvigerina*. In alcune famiglie (tipicamente nelle *Miliolidae)* alla base dell' apertura si trova un dente che può essere lungo e sottile, largo e piatto, semplice o bifido (v. fig. 171).

Nella maggioranza dei Foraminiferi l'apertura è semplice; in alcuni casi però si hanno **aperture supplementari** di forma simile (es.

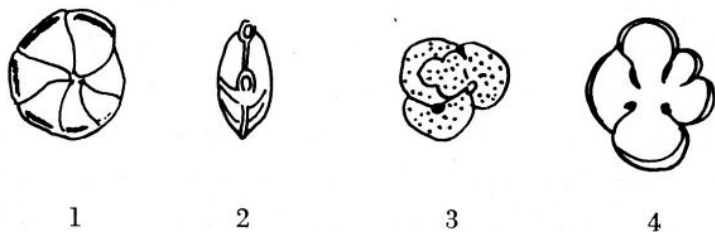



Fig. 172 - Aperture supplementari: 1 = ventrale e periferiche; 2 = mediana e periferica; 3 e 4 = suturali. Da *Cushman* 1955.

Globigerinoides) o differente (es. *Epistomina).* Fra le **aperture multiple,** ricordo quelle cribrate nelle quali si hanno, in breve spazio, gran numero di piccoli forellini, che derivano da modificazioni intervenute in un'unica apertura originaria.

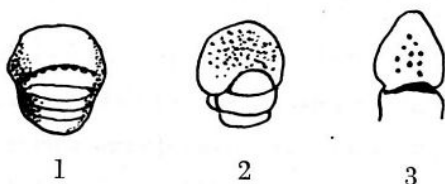



Fig. 173 - Aperture multiple: 1 = alla base della faccia di apertura; 2 = cribrata; 3 = alla base e nella faccia di apertura. Da *Cushman* 1955.

L'apparizione di aperture multiple può causare la formazione di serie multiple di camere, come avviene nei generi *Planorbulina* e *Pseudotextularia* e nelle Orbitoidi.

In numerosi Foraminiferi calcarei perforati, fra i più evoluti, si sviluppano delle estensioni imperforate delle camere lungo o sopra alle aperture (labbra). **Reiss** (1957) chiama «labial apertures» quelle caratterizzate da un labbro più o meno sviluppato. I nomi di portici, tegilla e altri sono stati usati per indicare strutture simili a un labbro, variamente conformato e sviluppato; se ne riparlerà trattando dei Foraminiferi planctonici, dove questi caratteri sono specialmente estesi.

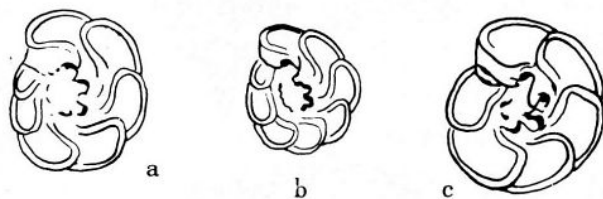



Fig. 174 - Aperture ombelicali («labial apertures» nel significato di Reiss 1957) in tre specie di Globotruncana. Le labbra sono sempre arcuate e formano un cornetto particolarmente evidente in *Globotruncana stuarti*. Da *Cita* 1963. a = *Globotruncana lapparenti coronata* Bolli; b = *Globotruncana lapparenti lapparenti* Brotzen; c = *Globotruncana stuarti* (De Lapparent).

Caratteri accessori

Sono noti sotto questo nome dei caratteri peculiari, presenti in gruppi limitati di Foraminiferi a guscio calcareo perforato: quan-

do sono presenti, hanno un valore preminente nella sistematica.

Pilastri si sviluppano in alcuni gruppi di grandi Foraminiferi, e tipicamente nelle Orbitoididae. Si tratta di masse solide (calcaree e imperforate) che attraversano numerosi strati della conchiglia, iniziando dagli stadi giovanili e sviluppandosi fino a raggiungere la superficie esterna, dove formano granulazioni superficiali.

Un **sistema di canali** che interessa alcune porzioni del guscio si trova in Foraminiferi appartenenti a svariate famiglie quali Nummu-

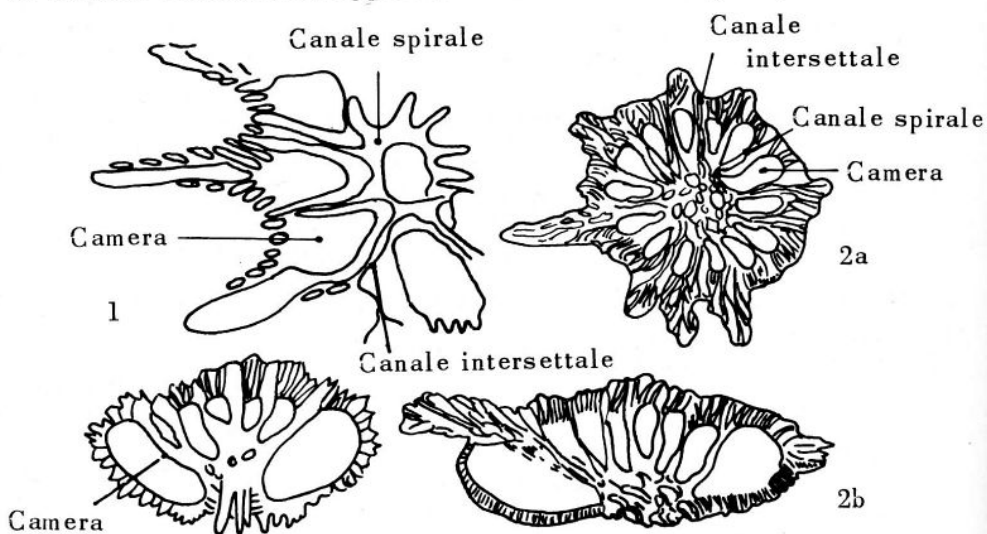



Fig. 175 - Sistema di canali in *Calcarina calcar* (1) e in *Calcarina mayori* (2). Da *Sigal* in *Piveteau* 1952.

litidae, Elphidiidae, Calcarinidae, ecc. Le interpretazioni di questi canali sono diverse. Secondo alcuni essi sarebbero dovuti all'azione di organismi estranei, secondo altri non sarebbero altro che perforazioni del guscio sviluppate in porzioni particolarmente spesse della parete. Questo sarebbe il caso del sistema di canali in *Siderolites*. Nelle Nummulitidae però il sistema di canali interessa tipicamente le porzioni

del guscio che non sono perforate, e non può quindi essere ascritto alla medesima causa. In generale i canali si osservano in parti spesse della conchiglia; così nelle Rotaliidae i canali sono sviluppati in corrispondenza del bottone ombelicale, che può raggiungere spessori notevoli.

Secondo **Reiss** (1963) i canali devono essere distinti in **intralamellari** ed **interlamellari.** I primi sono sviluppati all'interno della lamella: sono sottili cavità tubolari disposte parallelamente o perpendicolarmente alla laminazione.

I canali paralleli alla laminazione si trovano solamente in Foraminiferi altamente evoluti, con guscio a struttura radiale. Nelle Nummuliti, per esempio, i canali del cosiddetto «cordone marginale» si presentano come tubi allungati, ramificati e in parte anastomizzati, mentre i canali che costituiscono le «trabeculae» si presentano come corti tubicini ramificati che si originano dalle suture settali.

I canali intralamellari perpendicolari alla laminazione sono i più tipici, veri canali (come ad esempio i canali presenti nelle spine delle *Calcarinidae*, vedi fig. 175): essi sono esclusivi della superfamiglia Rotaliidea, nel senso di **Smout** e di **Reiss,** che è da essi caratterizzata.

Reiss e **Merling** (1958) chiamano «passages» gli spazi interni, denominati canali da alcuni autori, che si trovano fra uno strato e l'altro del guscio, come avviene ad esempio nelle Orbitoidi. Gli autori predetti chiamano **passaggi interlamellari primari** quelli che interessano una sola camera; **passaggi interlamellari secondari** quelli che si trovano fra gli strati del guscio di due camere adiacenti.

Processi retrali vengono denominati alcuni caratteri peculiari del genere *Elphidium* e forme affini: sono dovuti a prolungamenti a forma di

denticolazioni delle pareti delle camere, che si estendono attraverso le suture fino ad occupare una parte della camera precedente.

Ricapitolando, i caratteri tassonomici dei Foraminiferi sono i seguenti:

- composizione chimica del guscio; sua struttura interna; sua forma;
- disposizione delle camere; numero e forma delle camere;
- posizione e forma dell'apertura;
- ornamentazione ed eventuali caratteri accessori.

Sono **caratteri specifici** le dimensioni, la forma del guscio (in particolare), la forma e il numero delle camere, la posizione e la forma dell'apertura (in particolare), l'ornamentazione ed i caratteri accessori.

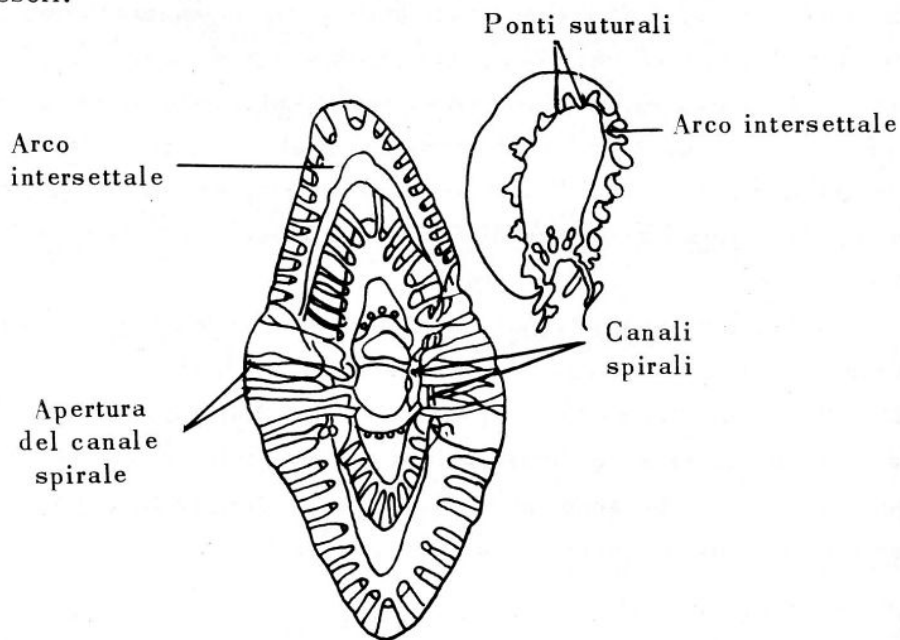



Fig. 176 - Sistema di canali in *Elphidium crispum*. Da *Sigal* in *Piveteau* 1952.

Sono **caratteri generici** la composizione e la struttura interna del guscio (in particolare), la disposizione delle camere (in generale), la posizione e la forma dell'apertura nonché le strutture ad essa connesse, oltre ad eventuali caratteri accessori importanti quali la presenza di un sistema di canali, di pilastri, di processi retrali o altro.

Sono caratteri ancora più comprensivi, riguardanti la distinzione delle famiglie, la costituzione e la struttura interna del guscio (in generale), la disposizione delle camere e la loro forma (in generale), i caratteri dell'apertura (sempre in generale) ed eventuali caratteri accessori importanti.

Classificazione dei Foraminiferi

Tentativi di classificazione dei Foraminiferi furono fatti fin dal principio del 1800, ad opera di **Alcide d'Orbigny.** Egli distinse sette ordini di Foraminiferi, basati essenzialmente sulla disposizione delle camere.

Più tardi **Reuss** propose una classificazione fondata soprattutto sulla «composizione chimica» dei gusci. I gruppi fondamentali distinti da **Reuss** sono i seguenti:

a) gusci imperforati - arenacei
- calcarei compatti (porcellanacei)

b) gusci perforati - ialini, finemente perforati
- conchiglie perforate e divise in strati
- gusci calcarei con sistema di canali

La classificazione di **Reuss** è assai interessante, nonostante contenga evidenti incongruenze (si conoscono, ad esempio, Foraminiferi arenacei con guscio abbondantemente perforato); essa fu però cri-

ticata al suo apparire, soprattutto ad opera di **Brady.** Lo stesso **Brady** nella sua monografia riguardante la spedizione del Challenger, adottò una nuova classificazione, in cui ridusse a 10 le famiglie di Foraminiferi (**Reuss** ne aveva distinte 18). In questa monografia si trovano definite per la prima volta le famiglie delle *Astrorhizidae* e delle *Globigerinidae*. Alcune «famiglie» di **Brady** risultano composite come le sue *Textulariidae*, nelle quali si trovano raggruppate forme a guscio calcareo ed altre a guscio arenaceo, che **Reuss** teneva rigidamente separate.

Negli anni successivi portarono contributi notevoli alla classificazione dei Foraminiferi vari autori europei quali **Neumayr, Rhumbler, Douvillé, Schubert.**

Americano è l'autore della prima classificazione moderna dei Foraminiferi, **J.A.Cushman**; egli distinse 50 famiglie (40 nella prima edizione del suo trattato, che porta la data del 1928), i cui rapporti genetici sono indicati nello schema a pagina seguente. Per aiutare i micropaleontologi a individuare il genere di appartenenza dei Foraminiferi in osservazione, egli elaborò anche una «chiave dei generi e delle famiglie», che, basandosi su coppie di caratteri opposti, permette di determinare genericamente le forme in esame. L'uso di questa chiave è semplice e raggiunge facilmente lo scopo in parecchi casi; per alcune famiglie però è scarsamente utilizzabile, proprio perchè le famiglie stesse sono artificiali e includono generi assai differenti per i loro caratteri strutturali e per i loro rapporti filogenetici.

La classificazione di **Cushman,** assai più ampia di tutte le precedenti, fu criticata da parte di parecchi studiosi, soprattutto per i rapporti filogenetici da lui suggeriti. Fra gli autori di queste critiche ricordo: **Galloway** (1933), che considera le forme sferoidali come più primitive dei tipi tubolari e le forme arenacee come derivate da quelle con pa

Fig. 177 - *Relazioni fra le famiglie dei Foraminiferi* (secondo *Cushman*).

reti chitinose, fibrose o porcellanacee; **Champan** e **Parr** (1936) che riducono il numero di famiglie istituite da **Cushman** e definiscono due sottordini, quello delle Spirillinoidea che comprende tutte le forme calcaree perforate, e delle Ammodiscoidea comprendente le forme arenacee e quelle imperforate; **Glaessner** (1945) che ridusse a 37 le 50 famiglie di **Cushman**, e istituì 7 super-famiglie. La classificazione di **Glaessner** è molto interessante ed è meglio elaborata di quella di **Cushman.**

Una classificazione molto rivoluzionaria e controversa è stata proposta da **Hofker** (1951); essa si basa essenzialmente sui caratteri dell'apertura: le grandi suddivisioni infatti sono basate sulla presenza o l'assenza di una seconda apertura, detta « deuteroforamen », e di un dente interno. Caratteri dell'apertura, strutture connesse con le aperture, struttura della parete e pori sono considerati molto più importanti del tipo di avvolgimento o della forma del guscio e delle camere contrariamente a quanto si osserva nelle altre classificazioni.

Più recente è la classificazione proposta da **Sigal** (1952), che non è così rivoluzionaria come quella di **Hofker.** Riprendendo il concetto delle super-famiglie di **Glaessner** ed ampliandolo, **Sigal** ordina i Foraminiferi secondo una gerarchia piuttosto complessa comprendente sottordini, superfamiglie, famiglie e sottofamiglie.

Pokorny (1958) adotta una classificazione classica nei suoi concetti informatori, articolata in 9 superfamiglie e 62 famiglie: alcune di queste, recentemente istituite da autori russi, vengono per la prima volta proposte nei paesi occidentali.

Una classificazione in parte diversa da quelle ora ricordate è quella seguita da **Rauser Černoussova** e **Furssenko** (1959) nel loro recente trattato di Micropaleontologia. Pur senza ispirarsi a nuovi criteri di classificazione, essa si differenzia dalle altre perchè introdu-

ce un gran numero di nuove famiglie.

Ma le classificazioni più recenti e più nuove sono senz' altro quelle di **Reiss** (1963) e di **Loeblich** e **Tappan** (1961). Di questi ultimi autori è uscito finora un lavoro sulla classificazione sopragenerica dei Rhizopodea, che comprende anche altri Protozoi, oltre ai Foraminiferi, mentre è di imminente distribuzione il volume sui Foraminiferi facente parte del trattato di **Moore** sulla Paleontologia degli Invertebrati. Estremamente accurata dal punto di vista formale, ma classica nei suoi concetti ispiratori, e rispettosissima delle regole di nomenclatura, la classificazione di **Loeblich** e **Tappan** appare estremamente complessa ed è finora inutilizzabile, non essendo ancora uscito il trattato suddetto.

Tutt'altro che formale, ma basata invece sull'osservazione di caratteri e di strutture non sempre di facile individuazione è la classificazione di **Reiss**, che riguarda però unicamente i Foraminiferi a guscio calcareo perforato.

Vi sono oggi decisamente troppe classificazioni dei Foraminiferi, e troppo diverse fra loro nella forma e nella sostanza, per poterne scegliere una da «imporre» al pubblico.

Per trent'anni e più i micropaleontologi di tutto il mondo, o per lo meno la massima parte di essi, hanno seguito la classificazione di **Cushman,** pur criticandone alcuni aspetti o alcune parti. Nè la classificazione di **Glaessner,** nè quella di **Sigal,** nonostante il loro interesse notevole, hanno cambiato l'atteggiamento generale, che era seguito sia nell' ambiente applicativo, sia in quello strettamente scientifico. Ma negli ultimi dieci anni circa, il grandissimo aumento delle ricerche e soprattutto la necessità di una revisione critica delle classificazioni in base ai nuovi dati acquisiti hanno fatto sì che un tale at-

teggiamento non sia più attuale.

Sia **Loeblich** e **Tappan,** sia **Reiss** fanno parte dei cosiddetti « splitters », che tendono a suddividere sempre più le unità tassonomiche, a tutti i livelli. E' questo un atteggiamento tipico degli studiosi più specializzati. Ma anche fra gli specialisti ve ne sono alcuni, che tendono invece a raggruppare insieme specie o generi diversi, sminuendo l'importanza dei caratteri tassonomici sui quali queste distinzioni sono basate. Riporterò due esempi recentissimi di questo atteggiamento, entrambe da parte di specialisti. **J.Hofker** jr., in una monografia sul genere *Orbitolina* (ottobre 1963) considera monotipico questo genere, del quale sono state descritte alcune decine di specie, non attribuendo alcun valore tassonomico ai caratteri morfologici sui quali le specie stesse erano basate.

Il secondo esempio è anch'esso recentissimo, e si riferisce al più noto specialista americano in Orbitoidi, **Storrs Cole.** In una nota uscita nel 1963, alla quale abbiamo già fatto riferimento trattando della riproduzione dei Foraminiferi, egli sostiene che la presenza di embrioni megalosferici pluriloculari nelle Orbitoidi, carattere sul quale sono basati alcuni generi come *Pliolepidina*, *Helicolepidina* ecc., deve essere interpretata come dovuta a irregolarità nella riproduzione, e non può quindi avere alcun valore tassonomico nè stratigrafico.

Vi è quindi una totale mancanza di accordo non solo circa il valore gerarchico dei vari caratteri, ma circa il loro valore in senso assoluto.

A questo stato di crisi sui concetti di base della classificazione dei Foraminiferi si aggiungono le esperienze veramente rivoluzionarie di **Nieholm** sui Foraminiferi viventi, delle quali abbiamo parlato più indietro (vedi pag. 237). D'altra parte non è certo possibile in Paleontologia basare i criteri di classificazione sulle forme viventi pur

essendo questa la più reale e diretta fonte di conoscenza di cui si disponga.

A conclusione di questo discorso, non ci sentiamo oggi in grado di seguire una piuttosto che l'altra delle molte e troppo diverse classificazioni recentemente proposte per i Foraminiferi, ciascuna delle quali pretende di essere più «naturale» delle altre.

Nelle pagine seguenti verranno descritti i Foraminiferi più importanti stratigraficamente e più diffusi (tenendo conto specialmente della loro diffusione in Italia), indicando i criteri seguiti nella classificazione dei vari gruppi, ma senza seguire una sistematica rigorosa.

Foraminiferi a guscio chitinoso

I più semplici e primitivi fra i Foraminiferi non hanno guscio, o ne hanno uno uniloculare, formato da tectina. Pur essendo presumibilmente assai antichi, non sono conosciuti allo stato fossile perchè inadatti alla fossilizzazione. Sono forme rare e in complesso poco conosciute, che vivono in acque sia salate che salmastre, e, sole fra i Foraminiferi, anche in acque dolci. Per tutti questi caratteri vengono distinti nelle classificazioni più moderne in una superfamiglia indipendente (Lagynidea di **Sigal,** Allogromiidea di **Pokorny,** Lagynacea di **Loeblich** e **Tappan**).

Le Allogromiidae, ritenute da molti come dei Foraminiferi primitivi, apparterrebbero invece secondo **Loeblich** e **Tappan** ai Monothalamida, che sono Protozoi unicellulari muniti di pseudopodii con un guscio monotalamico chitinoso o in parte agglutinato; essi, a differenza dei Foraminiferi, non presentano alternanza di generazioni.

Foraminiferi a guscio arenaceo

I più primitivi fra i Foraminiferi a guscio arenaceo vengono raggruppati dalla maggioranza degli autori moderni in una superfamiglia (Astrorhizidea di **Glaessner, Sigal** e **Pokorny,** Ammodiscacea di **Loeblich** e **Tappan**) che riunisce da 3 a 9 famiglie, a seconda delle classificazioni.

Caratteri comuni sono la presenza di un guscio irregolare, sferoidale o tubolare e diritto, ramificato o ravvolto. La parete è agglutinata, semplice o labirintica. L'apertura è sempre semplice.

Ricordiamo le famiglie ed i generi più generalmente accettati.

Saccamminidae

Le *Saccamminidae* presentano un guscio globulare od ovale, libero o attaccato. Sono tipicamente uniloculari, ma alcune forme possono presentare diverse camere collegate in modo più o meno stretto. Il guscio è agglutinato, con uno strato interno di tectina. Spesso vi è u-

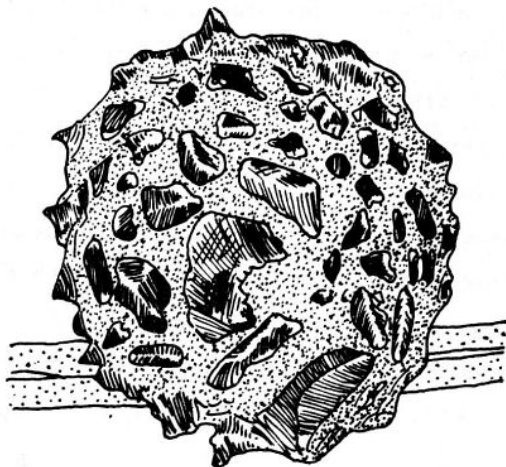



Fig. 178 - *Psammosphaera parva* Flint. Individuo fissato su una spicola di Spugna, x 50. Da *Cushman.*

na selettività molto spinta nei riguardi del materiale agglutinato.

Forme rare, note dal Paleozoico antico fino al Recente.

Ricordiamo i generi *Psammosphaera* (fig. 178) con guscio sferico e marcata selettività nel materiale agglutinato (granuli di quarzo o lamine di mica o spicole di Spugne o gusci di Foraminiferi).

Saccammina ha un guscio sferico, formato da granuli di quarzo agglutinati, con una sola apertura usualmente munita di un collo appena accennato.

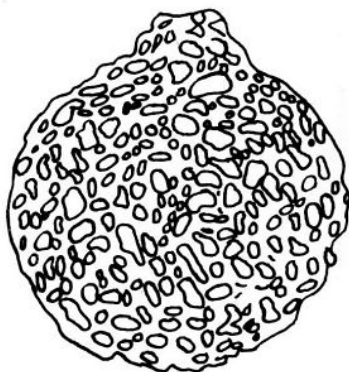



Fig. 179 - *Saccammina sphaerica* Sars, x 15. Da *Brady*.

Rhizamminidae

Le *Rhizamminidae* si distinguono facilmente per la forma tubolare del loro guscio uniloculare. Esso è agglutinato, con uno strato interno chitinoso.

Il genere più noto e più comune appartenente a questa famiglia (peraltro assai poco rappresentata) è *Bathysiphon*, con guscio tubolare che può raggiungere la lunghezza di qualche centimetro.

Fig. 180 - *Bathysiphon rufescens* Cushman, x 12. Da *Cushman.*

Fig. 181 - *Hyperammina elongata* Brady.

Hyperamminidae

Le *Hyperamminidae* sono caratterizzate da un guscio libero o attaccato, biloculare, con un proloculus globulare o cilindrico e con una seconda camera tubolare indivisa, che generalmente si presenta rettilinea. Il guscio è costituito - come nella famiglia precedente - da uno strato interno chitinoso, seguito verso l'esterno da uno strato agglutinato. Non hanno grande importanza stratigrafica (dal Cambriano? al Recente).

Reophacidae

Fig. 182 - *Reophax texana* Cushman e Waters.

Nelle *Reophacidae* si passa dal tipo biloculare al tipo pluriloculare. Per questo esse vengono considerate da **Sigal** dopo le *Ammodiscidae*, *Cornuspiridae*, *Spirillinidae* e *Involutinidae* che, insieme alle *Hyperamminidae*, costituiscono il sottordine *Biloculinidea*, caratterizzato dal guscio biloculare, prescindendo dalla costituzione del medesimo (che infatti è tipicamente calcareo in alcune delle famiglie sopracitate).

Le camere sono disposte in una serie unica, per lo più rettilinea, mentre di raro sono disposte disordinatamente. Le dimensioni delle camere successive di solito aumentano regolarmente. La natura del guscio è sempre arenacea, con substrato chitinoso.

Fig. 183 - Sezione longitudinale schematica di *Nodosinella* sp. x 25. Da *Cummings*. 1955.

Ricordo i generi *Reophax* con camere disposte in serie rettilinea, crescenti regolarmente, separate da suture depresse (fig. 182) e *Nodosinella* (fig. 183) con disposizione delle camere simili a *Reophax*. Se ne distingue per la struttura del guscio, che risulta composto da due strati: quello interno di calcite fibrosa, quello esterno di calcite granulare. Va dal Carbonifero al Permiano.

A proposito della posizione sistematica di *Nodosinella* e forme affini, notiamo che la sua inclusione nelle *Reophacidae* è basata sulla sua forma più che sulla sua costituzione interna. Questa è infatti più complessa ed evoluta di quanto non competa a questa famiglia. **Loeblich** e **Tappan** riprendendo l'antica definizione di **Rhumbler** distinguono una famiglia delle *Nodosinellidae* e la includono nella superfamiglia delle Endothy-

racea, che peraltro appare molto eterogenea.

Ammodiscidae

Nelle *Ammodiscidae* il guscio, libero o attaccato, è costituito da un proloculus e da una seconda camera tubolare, di solito strettamente ravvolta, per lo meno nello stadio giovanile. Le pareti sono tipicamente agglutinate, spesso con abbondante cemento. Lo strato interno chitinoso non è sempre ben sviluppato. Alcune forme possiedono un guscio secreto dal protoplasma, siliceo o anche calcareo granulare.

Le *Ammodiscidae* sono molto importanti dal punto di vista evolutivo. Secondo **Cushman** tutte le famiglie, eccetto le prime sei, che sono di tipo ancora più primitivo, deriverebbero direttamente o indirettamente dalle *Ammodiscidae*. **Pokorny** distingue quattro principali linee evolutive:

I) linee che non sono collegate alla formazione di un guscio calcareo:
- Ia: da *Ammodiscidae* a *Lituolidae;* da *Ammodiscus* alle forme primitive concamerate tipo *Trochamminoides;*
- Ib: da *Ammodiscidae* a *Trochamminidae;* dalle *Ammodiscidae* trocospirali a *Trochammina.*

II) linee che hanno sviluppato un guscio arenaceo imperforato:
- IIa: a *Ophtalmidiidae;* dalla forma planispirale *Ammodiscus* alla omeomorfa *Cornuspira;*
- IIb: a *Miliolidae;* dal tipo *Glomospira* ad *Agathammina* e *Quinqueloculina.*

III) linee con gusci calcarei perforati:
- IIIa: da *Ammodiscus* alla omeomorfa *Spirillina.*

Fig. 184 - *Ammodiscus incertus* (d'Orbigny).

IV) oltre alle linee descritte, si trova una linea che conduce alle *Endothyridae*, la cui filogenesi è conosciuta in modo insufficiente.

Le *Ammodiscidae* sono note dal Siluriano al Recente e in linea generale non hanno grande valore stratigrafico. Ricordo i generi:

Ammodiscus che ha avvolgimento planispirale e apertura costituita dall'estremità aperta della seconda, lunga camera tubolare (fig. 184).

Glomospira nel quale la camera tubolare si avvolge a gomitolo (v. figura 185).

Fig. 185 - *Glomospira gordialis* (Jones e Parker)

Rzehakina con guscio planispirale, compresso, concavo nel mezzo da entrambi i lati (fig. 186). I tubi crescono periodicamente di mezzo giro, come dimostra l'ubicazione dell'apertura ad una delle due estremità appuntite del guscio. L'andamento è simile a quello di *Spiroloculina*.

A differenza dei precedenti, questo genere ha una distribuzione stratigrafica assai limitata, dal Campaniano al Paleocene. La zona a *Rzehakina epigona* è riferita alla base del Paleocene.

I Foraminiferi arenacei più evoluti e quelli che non si possono nemmeno più chiamare arenacei poichè possiedono un guscio calcitico, sempre di tipo primitivo però, ossia formato da calcite granulare, non con struttura radiale, vengono raggruppati in una terza superfamiglia, sulla cui definizione e sulla cui composizione i pareri degli autori sono relativamente concordi (Lituolidea).

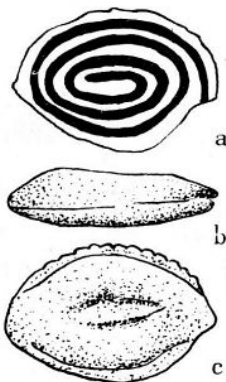



Fig. 186 - *Rzehakina epigona* (Rzehak). a = sezione equatoriale; b e c = vedute esterne.

Loeblich e **Tappan**, che riconoscono altre due superfamiglie in posizione intermedia fra le Lituolidea (=Lituolacea) e le Fusulinidea (=Fusulinacea), ossia le Parathuramminacea e le Endothyracea, danno un significato più ristretto alle Lituolacea, che comprenderebbero solamente le forme a guscio arenaceo.

Nell'accezione più generalmente accettata di questa ampia superfamiglia troviamo Foraminiferi assai differenziati fra loro per costituzione del guscio, tipo di avvolgimento, forma, dimensioni ecc. Caratteri comuni, oltre a quelli citati in precedenza e riguardanti la costituzione, sono la costante presenza di gusci pluriloculari e l'avvolgimento a spirale prevalentemente piana nelle forme più primitive, trocoide o con tendenza a svolgersi nelle altre.

Lituolidae

La famiglia delle *Lituolidae* è caratterizzata da un guscio arenaceo imperforato, a volte formato quasi esclusivamente da calcite granulare.

La parete è semplice o presenta strutture alveolari (v. fig.166): l'interno delle camere è a volte suddiviso.

Fig. 187 - *Haplophragmoides cf. elegans* (Grzybowski), x 70. Da *Pokorny* 1958.

L'avvolgimento è sempre planispirale, per lo meno nei primi stadi: successivamente si possono avere camere svolte (es. *Ammobaculites*, *Lituola*) o anche camere anulari, internamente suddivise (es. *Orbitopsella*).

Le aperture possono essere semplici o multiple: a volte si hanno aperture cribrate. Il dimorfismo può essere assai spinto, e

sono stati osservati casi di trimorfismo (v. fig. 158).

La famiglia delle Lituolidae è molto antica, ma è rappresentata anche nei mari attuali. Vi sono forme di notevole valore stratigrafico.

Fig. 188 - *Ammobaculites agglutinans* (d'Orbigny), x 30. Da *Pokorny* 1958.

Ricordo i generi:

Haplophragmoides (fig. 187) con avvolgimento planispirale quasi involuto. L'apertura è semplice, alla base dell'ultima camera. Dal Carbonifero al Recente.

Ammobaculites (fig. 188) ha una porzione iniziale planispirale, seguita da una serie di camere svolte. La parete è semplice. L'apertura è pure semplice, ed è situata vicino alla base della faccia di apertura nello stadio planispirale, mentre nello stadio adulto diventa terminale. Dal Carbonifero al Recente.

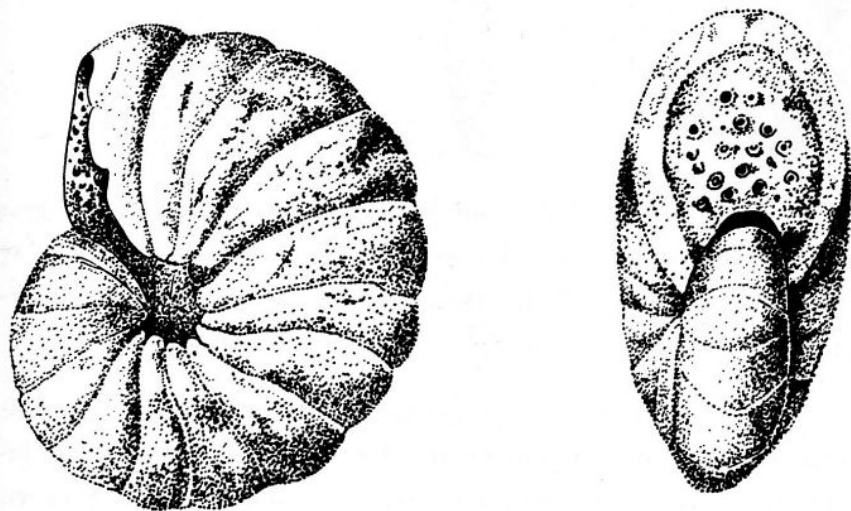



Fig. 189 - Gen. *Cyclammina* Brady. Da *Maync* 1960.

Cyclammina (fig. 189) ha un guscio planispirale involuto: la parete è spessa e presenta uno strato sub-epidermico alveolare: in alcune forme si hanno tre categorie di alveoli (v. fig. 166). L'apertura nelle forme adulte è multipla, formata da numerosi grossi pori situati nella parete frontale. Dal Cretaceo al Recente.

Choffatella (fig. 190) ha un guscio planispirale molto appiattito, quasi involuto; l' aumento in altezza dei giri è molto rapido. La parete è finemente granulare, con strato sub-epidermico finemente alveolare. Le aperture si presentano come file verticali di pori sulla faccia frontale. Cretaceo inferiore (dal Valanginiano all'Aptiano).

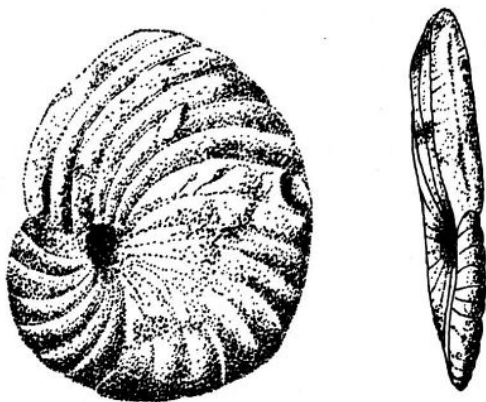



Fig. 190 - Gen. *Choffatella* Schlumberger. Da *Maync* 1960.

Orbitopsella (fig. 191) è una forma discoidale appiattita, di grandi dimensioni che presenta a volte un bordo periferico ispessito. L'avvolgimento è inizialmente planispirale: seguono camere anulari internamente suddivise. Giurassico inferiore.

Lituosepta (fig. 192) ha un guscio subcilindrico con avvolgimento iniziale planispirale, poi svolto. Le camere sono suddivise internamente da setti secondari radiali, perpendicolari ai setti primari. Apertura terminale e cribrata negli esemplari completamente sviluppati. Lias medio.

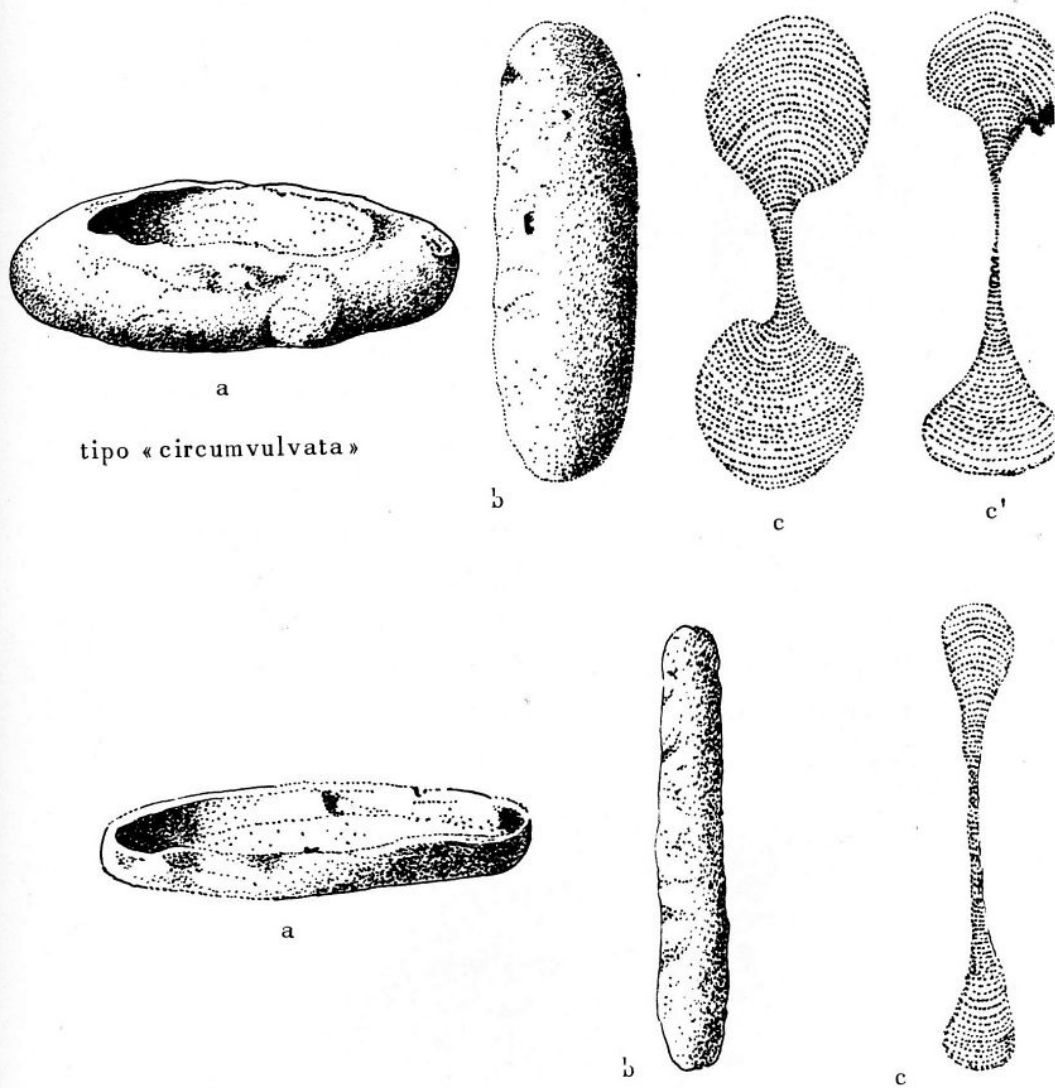



Fig. 191 - *Orbitopsella praecursor* (Gümbel). Da Maync 1960. Le forme rappresentate con c, c' sono sezioni assiali.

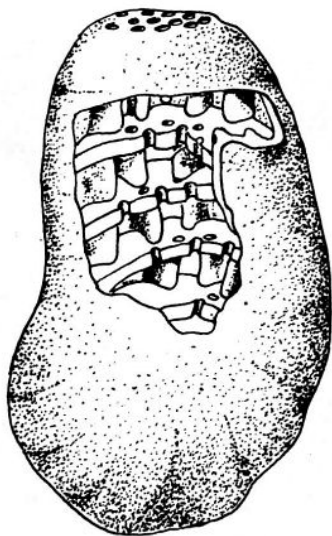



Fig. 192 - Ricostruzione di *Lituosepta recoarensis* Cati, del Lias medio, x 80. Da *Cati* 1959.

Questo genere, come pure *Orbitopsella*, viene comunemente riconosciuto in sezione sottile essendo contenuto in calcari recifali o subrecifali.

Loftusiidae

La famiglia delle *Loftusiidae* comprende un unico genere, *Loftusia*, caratteristico del Cretaceo superiore (Maastrichtiano) dell'Asia sud-occidentale e ritrovato anche nei Balcani. Sono forme di grandi dimensioni, da qualche centimetro fino a 12 centimetri di lunghezza, fusiformi, ovali o subglobulari, strettamente ravvolte secondo una spirale piana lungo un asse allungato. Il guscio è calcareo, a volte con tracce di materiale agglutinato. Nell'interno delle camere vi sono file di pilastri radiali (v. fig. 193) che possono fondersi formando

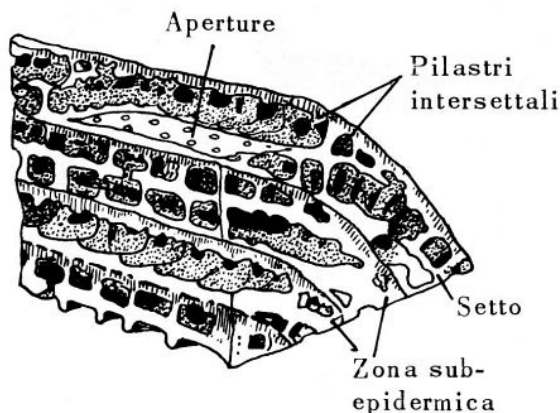



Fig. 193 - Schema della struttura di *Loftusia persica* Brady. Da *Sigal* in *Piveteau* 1952.

setti trasversali.

Le Loftusiidae sarebbero derivate da forme tipo *Cyclammina* per prolungamento dell' asse di avvolgimento (v. fig. 194).

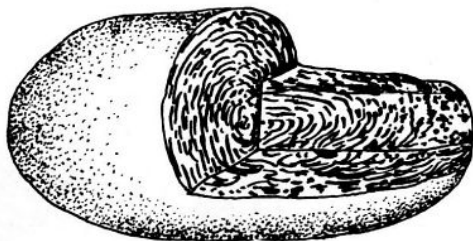



Fig. 194 - *Loftusia persica* Brady (grandezza naturale). Da *Brady*.

Textulariidae

La famiglia delle *Textulariidae* comprende forme che, dopo una porzione iniziale con camere avvolte secondo una spirale piana, presentano uno stadio biseriale ed eventualmente anche uno uniseriale. L'avvolgimento spiralato è più evidente abitualmente nelle forme microsferiche. In quelle megalosferiche è ridotto o mancante addirittura. La natura del guscio è sensibilmente diversa nelle forme paleozoiche e in quelle post-paleozoiche. Nelle prime il guscio è spesso prodotto da secrezione, finemente arenaceo o calcareo. Nelle seconde è agglutinato, con cemento calcareo ferrugginoso, a volte con uno strato interno chitinoso.

Spesso le pareti del guscio sono distintamente perforate.

L'apertura si trova lungo il margine interno dell' ultima camera, ma tende a diventare terminale e a volte è multipla nelle forme uniseriali.

Fra i generi appartenenti a questa famiglia ricordo:

Spiroplectammina (fig. 195) che presenta la spirale iniziale tanto nella forma microsferica, quanto in quella megalosferica; l'avvolgimento spiralato è anzi più sviluppato di quello biseriale, che consiste in poche camere soltanto. Apertura sottile, alla base del margine interno dell'ultima camera.

Textularia (fig. 195): guscio allungato, più o meno compresso, rastremato; avvolgimento tipicamente biseriale, con stadio iniziale planispi

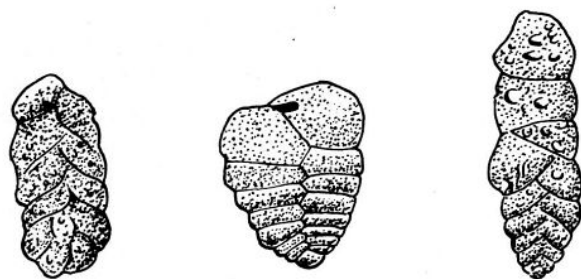



Fig. 195 - Generi appartenenti alla famiglia delle *Textulariidae.*

rale appena accennato nelle forme microsferiche; le suture fra le camere, sul lato appiattito, hanno un andamento a zig-zag assai caratteristico; camere semplici, non labirintiche, con pareti arenacee e cemento di varia natura. Apertura arcuata, alla base dell'ultima camera, eventualmente nella faccia di apertura.

Bigenerina (fig. 195): l' avvolgimento è biseriale nello stadio giovanile, uniseriale in quello adulto; l' apertura, nello stadio adulto, è semplice e terminale.

Vulvulina (fig. 196): guscio molto compresso, inizialmente spiralato, poi biseriale, infine uniseriale; apertura allungata, ellittica, terminale. Vive dal Cretaceo.

Una posizione sistematica prossima a quella delle *Textulariidae* è occupata dalle *Semitextulariidae* che comprendono tre soli generi dalla limitata distribuzione stratigrafica (dal Devoniano medio al superiore), caratterizzati da gusci biseriali appiattiti, terminanti a volte con uno stadio uniseriale e con apertura cribrata.

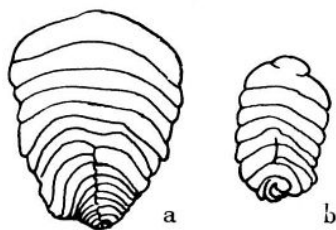



Fig. 196 - *Vulvulina jablonskii* Finlay, x 10. a = microsfera, b = megalosfera.

Trochamminidae

La famiglia delle *Trochamminidae*

è caratterizzata da gusci con avvolgimento trocospirale, per lo meno nello stadio giovanile: successivamente si possono avere camere disposte in modo irregolare. Pareti arenaceè con una base chitinosa e cemento di colore scuro, bruno-rossastro. Apertura tipicamente sul lato ventrale, almeno nelle forme giovanili. La presenza di tectina rende alquanto flessibili i gusci, che a volte si presentano distorti.

Il genere *Trochammina* (fig. 197) ha un guscio libero o attaccato, avvolto secondo una spirale trocoide; dal lato spirale sono visibili tutte le camere, ma solo quelle dell'ultimo giro si osservano dal lato ombelicale, dove si trova l'apertura. Pareti arenacee, con una base chitinosa e cemento in quantità variabile. Diffuso dal Paleozoico.

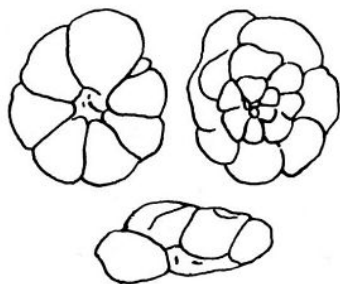



Fig. 197 - *Trochammina ribstonensis* Wickend, x 80.

Tetrataxidae

Le *Tetrataxidae* sono state elevate al rango di famiglia da **Pokorny. Cushman, Glaessner, Sigal** le consideravano tutti come una sottofamiglia delle *Trochamminidae*.

Sono suddivise in due sottofamiglie, *Tetrataxinae* e *Globivalvulininae*. La loro distribuzione stratigrafica è limitata dal Carbonifero al Trias. Esse presentano un guscio con avvolgimento trocoide (Tetrataxinae) o biseriale e nautiloide (Globivalvulininae). Le pareti del guscio sono calcaree, formate da due o tre strati diversi. Lo strato esterno è vitreo; quello interno è finemente granulare; dopo questi due strati viene a volte (Globivalvuline) un terzo strato calcareo perforato. Aperture basali e ombelicali.

Ricordo il genere *Tetrataxis* (fig. 198) con guscio conico formato da un proloculus seguito da una seconda camera molto lunga e

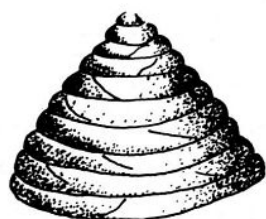
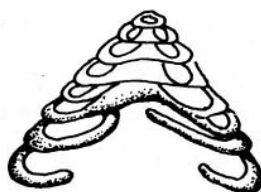
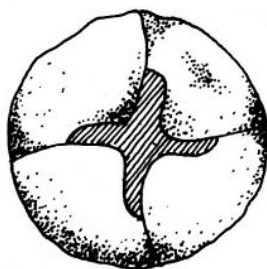
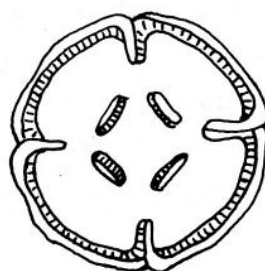



Fig. 198 - Schema di *Tetrataxis*, x 30 circa. Da *Rejtlinger*.

successivamente da quattro camere per ogni giro. La parete è costituita da due strati, ma lo strato ialino a volte è poco sviluppato e specialmente nella parte iniziale può mancare del tutto. Aperture ventrali, in prossimità dell'ombelico. Dal Carbonifero al Trias.

Globivalvulina (fig. 199) è un genere esclusivo del Carbonifero e Permiano. Ha un guscio libero, formato da camere globose, che si alternano su due file e sono avvolte secondo una spirale piana o debolmente trocoide. Lato frontale appiattito, formato dai setti delle due ultime camere.

Verneuilinidae

Fig. 199 - *Globivalvulina biserialis.* Cushman e Waters, x 50.

La famiglia delle *Verneuilinidae* è caratterizzata da un guscio inizialmente triseriale, che può essere seguito da uno stadio biseriale ed anche da uno uniseriale. Pareti agglutinate. Questa famiglia ha rappresentanti anche nel Paleozoico: la maggior parte dei generi però compaiono nel Cretaceo.

Ricordo i generi:

Verneuilina (fig. 200): guscio completamente triseriale, di forma triangolare in sezione trasversale. Camere distinte, di dimensioni crescenti verso l' estremità fornita di apertura; le suture fra le camere possono essere depresse o rialzate; pareti arenacee, di tessitura più o meno grossolana; apertura bassa, a volte arcuata, alla base del margine interno dell' ultima camera. Questo genere è diffuso specialmente nel Giurassico e nel Cretaceo; poi diviene assai raro.

Fig. 200 - Foraminiferi appartenenti alla famiglia delle *Verneuilinidae*. Da *Sigal* in *Piveteau* 1952. I = *Verneuilina limbata* Cushman, x 23. II = *Gaudryina wickendeni* Cushman, x 67. III = *Clavulinoides insignis* (Plummer), x 16. IV = *Dorothia bulletta* (Carsey), x 28. In tutte le figure a = veduta frontale; b = veduta laterale.

Gaudryina (fig. 200): guscio con avvolgimento inizialmente triseriale (e con sezione triangolare), poi biseriale, con camere di varia forma, arrotondate, squadrate o di forma differente nelle due serie (una camera troncata, l'altra appuntita). Suture distinte, tipicamente depresse; pareti arenacee spesso di tessitura fine, con molto cemento. Apertura alla base dell'ultima camera, frequentemente con una distinta rientranza; in alcune specie tende a diventare terminale.
Clavulinoides (fig. 200): guscio allungato, triangolare nella maggior parte delle specie, a volte con le ultime camere arrotondate; allo stadio giovanile triseriale segue spesso uno stadio biseriale; l'adulto è sempre uniseriale, pur mantenendo sempre la forma triangolare; le camere sono distinte in molte specie, ma spesso sono indistinte, specialmente nel primo stadio; apertura arrotondata, terminale. Questo genere è diffuso dal Cretaceo al Recente.
Dorothia (fig. 200): guscio trocospirale, con cinque o sei camere per giro nello stadio giovanile della forma microsferica, riducentesi rapidamente in numero fino ad avere due camere per giro nello stadio adulto; pareti arenacee, prevalentemente calcaree con molto cemento; apertura stretta, alla base del margine interno. Diffuso dal Cretaceo al Recente.
Eggerella (fig. 201): guscio formato da una spirale trocoide; nella forma microsferica si contano cinque camere per giro nello stadio giovanile, poi quattro, e nell'adulto tre; guscio finemente arenaceo, con cemento abbondante; in alcune forme il guscio risulta costituito quasi interamente da cemento calcareo; apertura bassa e arcuata, alla base del margine interno dell'ultima camera.
Textulariella (fig. 201): guscio conico, con tre o più camere per giro nello stadio giovanile della forma microsferica; il numero di camere per giro diminuisce poi rapidamente fino a ridursi a due; camere labirintiche; guscio arenaceo, a grana fine; apertura come nelle Textula-

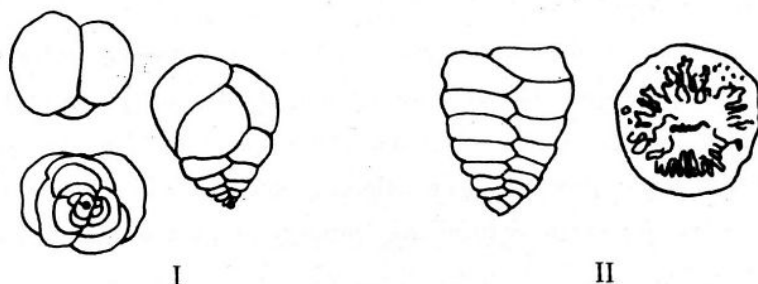



Fig. 201 - Foraminiferi appartenenti alla famiglia delle *Verneuilinidae*. Da *Sigal* in *Piveteau* 1952. I = *Eggerella bradyi* (Cushman), x 23. II = *Textulariella barrettii* (Jones and Parker), x 14.

rie. Diffuso dal Cretaceo al Recente.

Cuneolina (fig. 202): guscio conico nelle forme giovani, compresso nell'adulto. Le camere, in numero di 4 o 5 per giro nella prima fase, diventano poi 2 per ogni giro, e sono disposte in modo che la linea a zig-zag formata dalle suture si trova sul lato più stretto del guscio; le camere sono labirintiche; la parete è arenacea, con molto cemento, e presenta uno strato esterno sottile, imperforato; apertura allungata, o formata da una serie di fori tondeggianti alla base del margine interno dell'ultima camera. Diffuso dal Cretaceo al Recente.

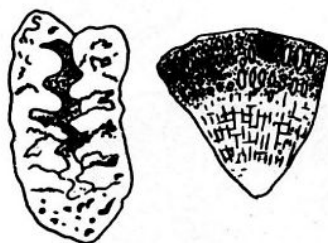



Fig. 202 - *Cuneolina angusta* Cushman. Da *Sigal* in *Piveteau* 1952. A sinistra, sezione verticale, x 7. A destra, sezione parallela un pò obliqua, schematica.

Orbitolinidae

La famiglia delle *Orbitolinidae* comprende un numero ristretto di generi, ma è molto importante sia per la complessa struttura interna che caratterizza questi grandi Foraminiferi, sia per il loro grande va-

lore stratigrafico.

La forma del guscio è conica, le camere sono avvolte secondo una spirale trocoide, ma poi si hanno camere discoidali appiattite o a forma di tazza rovesciata, internamente suddivise, disposte in una serie unica. Le aperture sono generalmente multiple. In *Orbitolina* sono rappresentate da serie di forellini disposti lungo solchi radiali, sul lato ombelicale.

Il guscio è arenaceo, spesso costituito da calcite granulare, con quantità più o meno rilevanti di materiale agglutinato.

Nel genere più importante appartenente a questa famiglia, *Orbitolina*, la struttura interna è piuttosto complessa. In una sezione parallela (o in veduta basale) si distinguono una zona reticolata centrale, una zona radiale esterna alla prima e una zona marginale che comprende lo strato sub-epidermico. I setti trasversali (detti anche radiali) secondari, che suddividono le camere, sono ondulati sia in senso

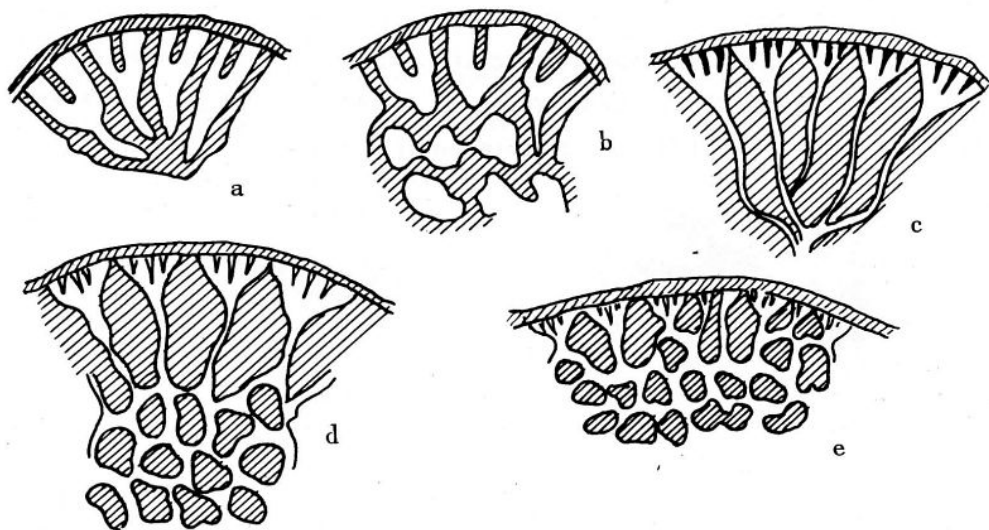



Fig. 203 - Sezioni basali di *Orbitolinae* mostranti le zone radiale e reticolata: *a* e *b* presentano solo piastre sub-epidermiche primarie; *c*, *d* ed *e* anche piastre secondarie. In *e* non vi è zona radiale. Da *Henson* 1948.

radiale sia sul piano assiale: essi risultano evidenti nella «zona radiale» (v. fig. 203).

La morfologia del guscio delle Orbitoline pare non abbia una grande importanza tassonomica, e la variabilità specifica è molto ampia per quel che riguarda la forma del guscio e i suoi caratteri biometrici, tanto più che il dimorfismo è molto accentuato in queste forme. Assai più importanti sono i caratteri relativi alla struttura interna, che

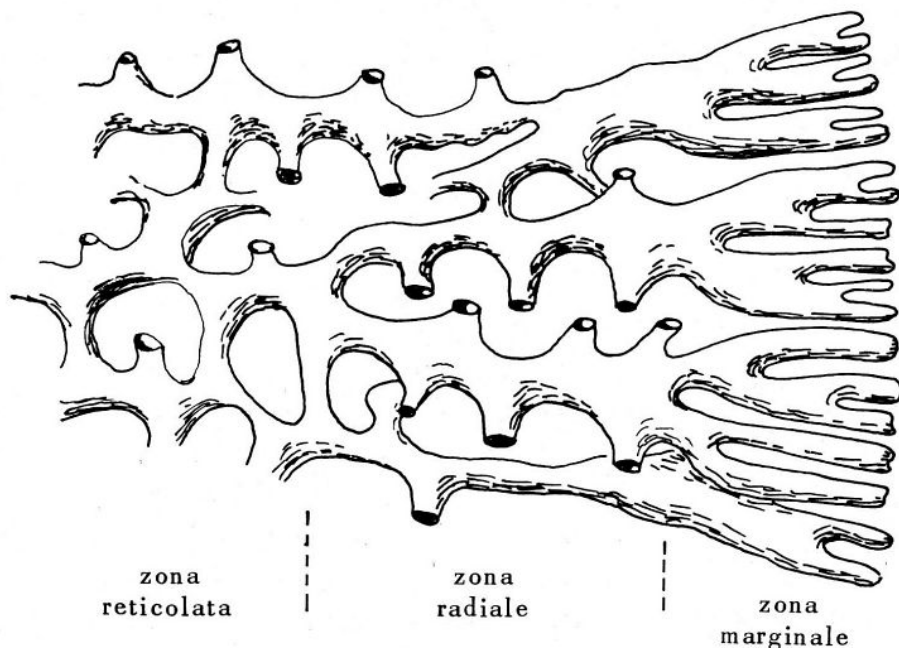



Fig. 204 - Sistema dei passaggi fra le camere in un esemplare di *Orbitolina* riempito da pirite, x 150. Da *Hofker* jr. 1963.

si studiano in sezioni orientate, basali, assiali e tangenziali.

Il genere *Orbitolina* è esclusivo del Cretaceo e va dal Barremiano al Cenomaniano.

In una recente monografia sulle Orbitoline, **Hofker** jr. sostiene che il genere è monotipico e che tutte le specie descritte rientrerebbero in *Orbitolina lenticularis* (Blumenbach). La morfologia esterna

del guscio, oltre a non avere valore tassonomico, non ne avrebbe nemmeno dal punto di vista stratigrafico, mentre l'unico carattere significativo al proposito sarebbe rappresentato dall'apparato embrionale. Nelle forme megalosferiche esso è rappresentato da un proloculus, da una deuteroconca e da un certo numero di camere epi-embrionali, internamente suddivise in modo più o meno completo (v. fig. 205).

Fig. 205 - Schema dell'apparato embrionale megalosferico di *Orbitolina* (sezione assiale). Da *Hofker* jr. 1963.

Per studiare l'apparato embrionale, occorre avere delle sezioni assiali perfettamente orientate, ricavate da esemplari isolati.

Secondo l'autore citato l'apparato embrionale megalosferico delle Orbitoline ha subito una evoluzione dal Barremiano superiore al Cenomaniano, consistente in un aumento generale delle dimensioni, in un aumento delle dimensioni della deuteroconca rispetto alla protoconca e in una specializzazione delle camere epi-embrionali (vedi fig. 206). In base a questi caratteri vengono distinte quattro forme-gruppo, nelle quali rientrano le varie specie distinte dagli autori.

Ricordo anche i generi *Lituonella*, *Coskinolina* e *Dictyoconus*, che venivano inclusi da **Cushman** nelle Valvulinidae, ma che tutti gli autori più moderni collegano alle Orbitoline. Tutti e tre i suddetti generi presentano forma conica, con stadio giovanile trocospiralato e sta-

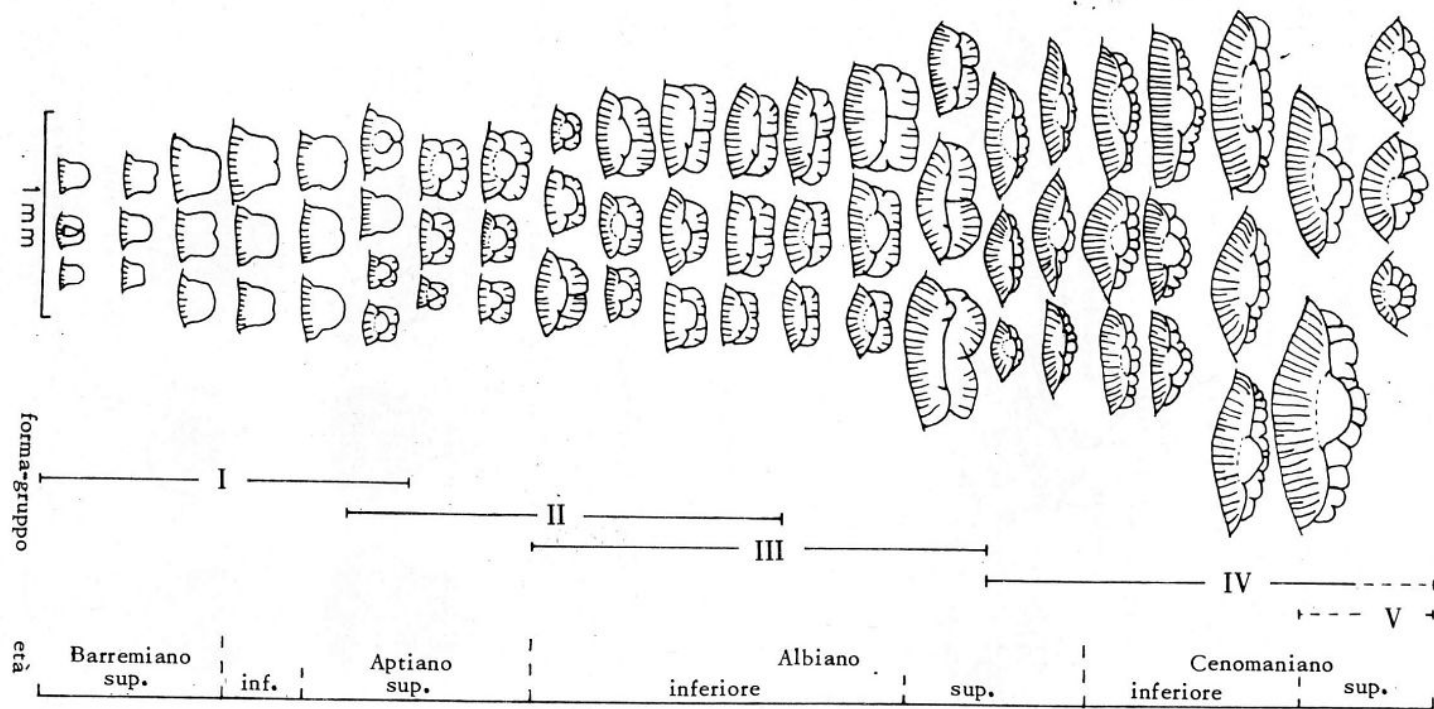



Fig. 206 - Evoluzione dell'apparato embrionale megalosferico di *Orbitolina* dal Barremiano superiore al Cenomaniano. Da *Hofker* jr. 1963. Dato che *Hofker* orienta le Orbitoline in modo opposto a quanto viene fatto comunemente, ossia con l'apice del cono in basso, anche la posizione dell'embrione risulta capovolta (le camere epi-embrionali sono in alto).

dio adulto con camere discoidali, internamente suddivise; vi sono pilastri intersettali. Essi si distinguono essenzialmente per la struttura dello strato sub-epidermico (v. figg. 207 e 208).

In *Lituonella* (Cretaceo-Eocene) non vi sono setti secondari

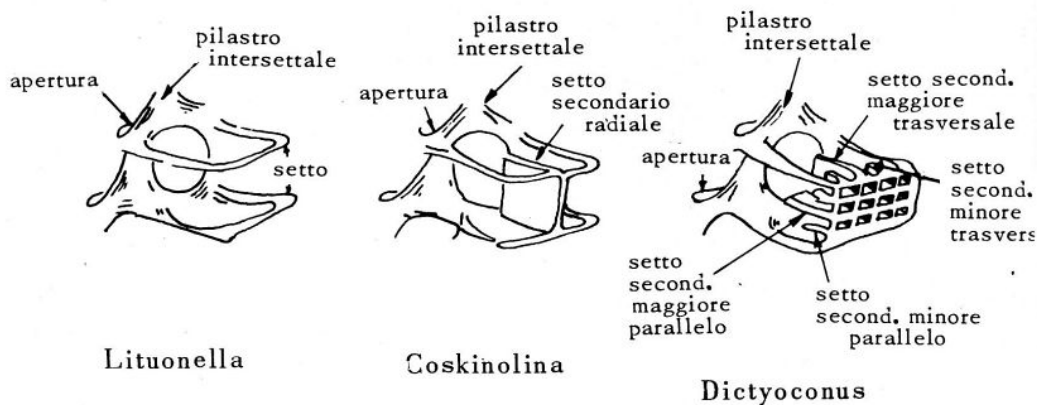



Fig. 207 - Schema della struttura dello strato sub-epidermico in alcune *Orbitolinidae*. Adattato da *Sigal* in *Piveteau* 1952.

sub-epidermici.

In *Coskinolina* (Cretaceo-Eocene medio) vi sono setti trasversali secondari nella zona marginale.

In *Dictyoconus* (Valanginiano, Barremiano ed Eocene) si han-

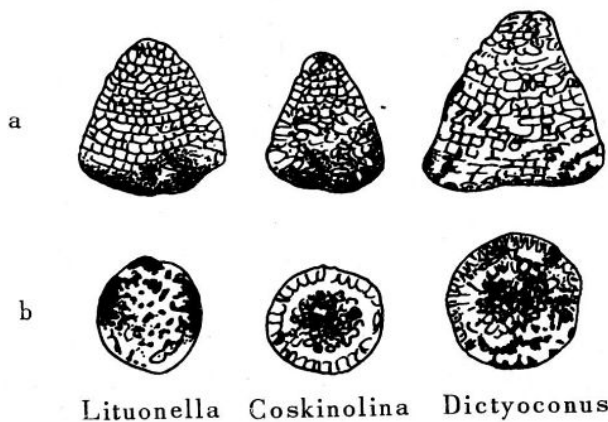



Fig. 208 - Sezioni assiali (a) e basali (b) di *Lituonella, Coskinolina* e *Dictyoconus* mostranti la differente struttura dello strato sub-epidermico. Adattato da *Sigal* in *Piveteau* 1952.

no setti secondari trasversali e paralleli, maggiori e minori.

Endothyridae

Le *Endothyridae* sono una famiglia assai interessante per lo studio filogenetico dei Foraminiferi: da esse sarebbero infatti derivate tutte le Fusulinidea.

Il guscio è calcareo microgranulare, e la parete risulta formata da un **tectum** e da un **tectorium interno** con una struttura omologa a quella realizzata presso le Fusuline. L'avvolgimento è planispirale, ma negli stadi iniziali si nota spesso una variazione dell'angolo assiale (avvolgimento di tipo «plectogiroide» o «endotiroide»). L'apertura può essere semplice o multipla.

La famiglia delle *Endothyridae* è rappresentata quasi esclusivamente nel Permo-Carbonifero.

Alla superfamiglia Endothyracea, come abbiamo già accennato in precedenza, **Loeblich** e **Tappan** attribuiscono numerose famiglie assai diverse (*Nodosinellidae, Ptychocladiidae, Palaeotextulariidae, Tetrataxidae, Biseriamminidae, Tournayellidae* ed *Endothyridae*).

Le Fusuline e forme affini vengono raggruppate dalla maggioranza degli autori in una superfamiglia indipendente (*Fusulinidea*): essa comprende forme di grandi dimensioni, globose, ovali o fusiformi, che derivano dall'avvolgimento della spira intorno a un asse allungato. Le dimensioni dei gusci vanno da 1 a 70 mm. L'importanza stratigrafica di questi Foraminiferi è grandissima.

La parete viene detta **spiroteca** o muraglia, è calcarea ed è costituita da strati di aspetto e di consistenza diversa. La spiroteca si flette periodicamente verso il giro precedente dando origine a camere

meridiane, separate da setti meridiani che appaiono sulla superficie esterna del guscio come suture depresse (v. fig. 209).

La muraglia delle Fusuline può presentare due tipi principali: a) il tipo **diafanotecale**, più primitivo, caratteristico delle *Fusulinidae*.

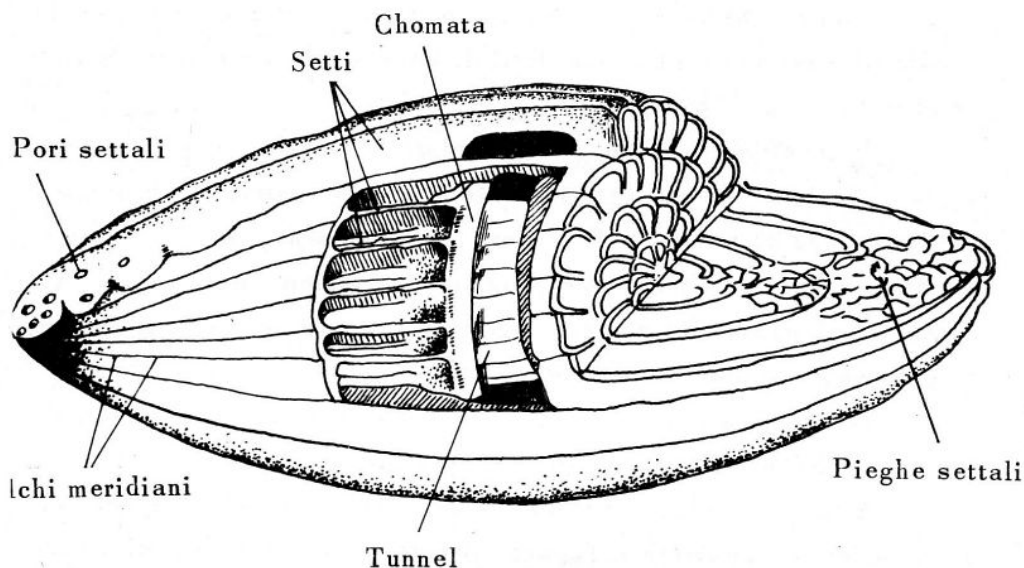



Fig. 209 - Schema del guscio di una *Fusulinella*. Da *Rauser-Cernoussova*.

Vi è una proteca costituita da un tectum (nero) e da una diafanoteca (bianca): alla proteca si può aggiungere una epiteca secondaria costituita da un tectorium esterno ed eventualmente anche da un tectorium interno (v. fig. 210). Il tectorium esterno manca sempre nell'ultimo giro. b) Il tipo **keriotecale** più evoluto è costituito solamente dalla proteca con tectum (nero) e kerioteca alveolare. Esso è caratteristico delle *Schwagerininae* e *Neoschwagerinidae*. In *Neoschwagerina* la kerioteca presenta espansioni lamellari, con alveoli disposti a ventaglio. In certe forme molto evolute come *Sumatrina* la kerioteca manca (v. fig.210).

L'apparato embrionale è costituito da un proloculus sferico od

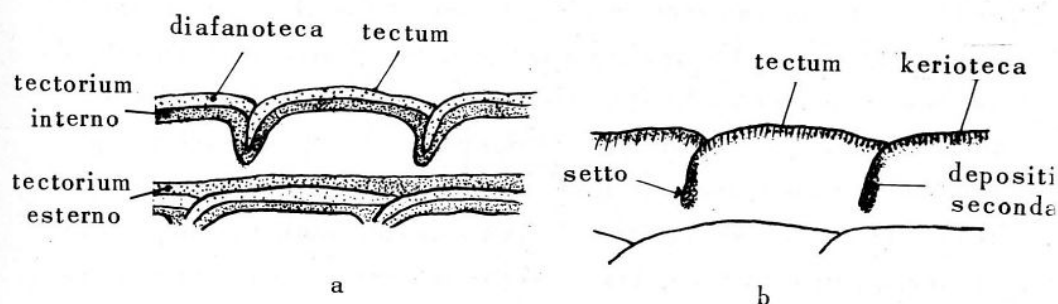



Fig. 210 - Muraglie delle *Fusulinidea.* a = tipo diafanotecale; b = tipo keriotecale. Da *Ciry* in *Piveteau* 1952.

ovoidale con dimensioni variabili da pochi micron fino a un millimetro. Si chiama juvenarium l'insieme del proloculus e dei primi giri successivi. Esso può presentare simmetria bilaterale come l'adulto, ma in certe forme l'angolo spirale è differente. In alcune forme primitive si ha un embrione endotiroide, con avvolgimento intorno a un asse obliquo o anche ad angolo retto rispetto all'asse di avvolgimento dell'adulto.

Il dimorfismo nelle Fusuline è evidente sia nell'apparato em-

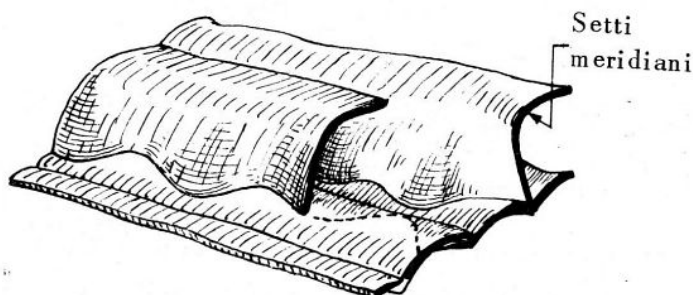



Fig. 211 - Rappresentazione schematica di pieghe settali. Da *Ciry* in *Piveteau* 1952.

brionale, sia nelle dimensioni esterne del guscio.

I setti meridiani sono piani nei generi più primitivi e in *Neoschwagerina*. Spesso sono ondulati, ma solo verso il basso: i solchi meridiani sono sempre diritti. In due setti consecutivi le ondulazioni hanno andamento opposto (fig. 211). Nei tipi primitivi le pieghe sono tenui e limitate alle estremità: nei tipi più evoluti l'ondulazione è più accentuata e interessa tutto il setto. Si possono allora formare delle camerette secondarie (v. fig. 212): **cunicoli** sono detti i passaggi che si formano all'incrocio di due camerette in *Parafusulina* e *Polydiexodina*.

Per quel che riguarda le aperture, l'ultima camera (detta an-

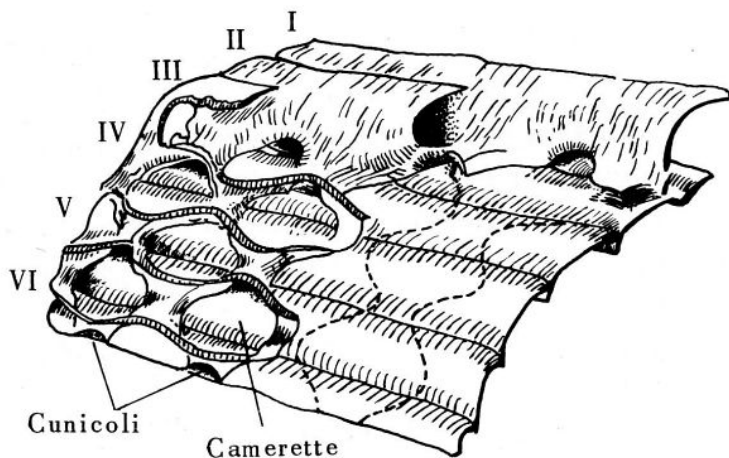



Fig. 212 - Schema della struttura interna di una *Parafusulina*. Da *Ciry* in *Piveteau* 1952. Nella metà sinistra del disegno le logge meridiane III, IV, V, e VI sono rappresentate come parzialmente erose. Le pieghe contrarie si fondono formando camerette secondarie e cunicoli. Nella metà destra le logge II, III, IV, V e VI non sono rappresentate. Le linee punteggiate mostrano la forma delle tracce di intersezione dei setti.

theteca) comunica con l' esterno per mezzo di pori settali.

Le comunicazioni interne fra una camera e l'altra possono essere costituite da gallerie (o tunnel), gallerie secondarie, cunicoli e foramina. Le gallerie sono fessure allungate, situate alla base dei setti meridiani, nella zona centrale. Le dimensioni delle gallerie aumen-

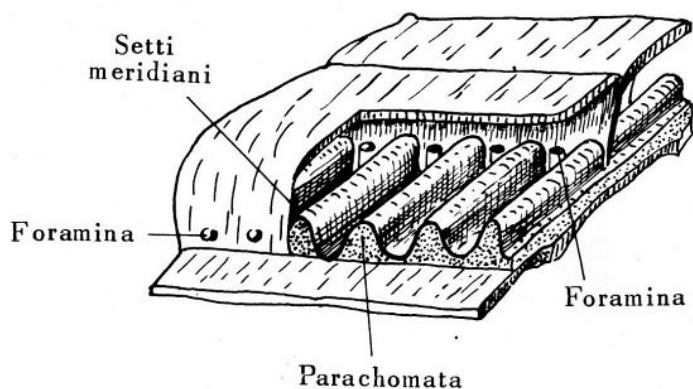



Fig. 213 - Schema dell'organizzazione interna di una *Misellina.* Da *Ciry* in *Piveteau* 1952.

tano regolarmente con l' età: si chiama angolo assiale (ed è un carattere tassonomico di una certa importanza) l' angolo formato dall' allineamento dei chomata con la galleria.

Nei generi evoluti con molte pieghe settali (come *Parafusulina,*

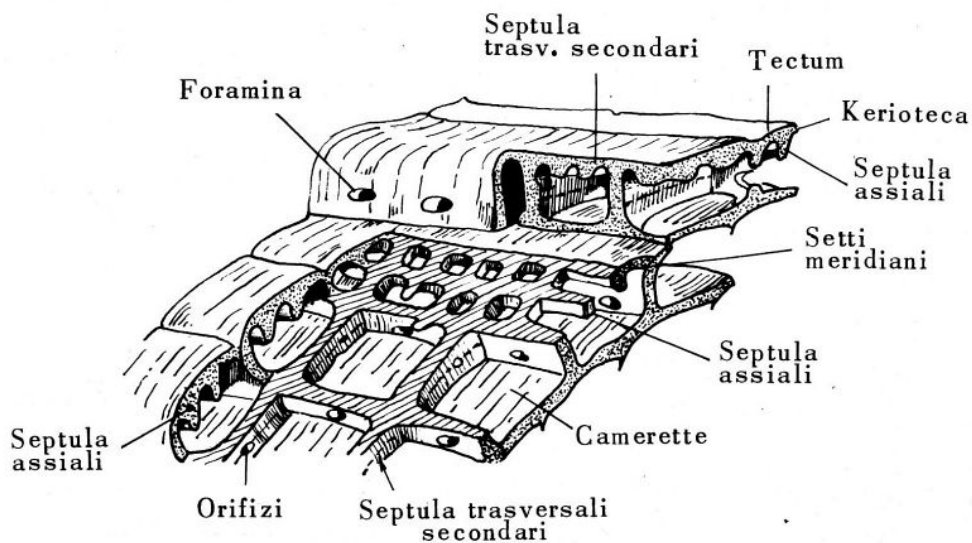



Fig. 214 - Schema dell'organizzazione interna di una *Neoschwagerina* evoluta. Da *Ciry* in *Piveteau* 1952.

Polydiexodina ecc.) si ha la formazione di camerette secondarie e di cunicoli (v. fig. 212). Oltre ai cunicoli possono essere presenti anche gallerie secondarie che si trovano da una parte e dall'altra della galleria, sempre in numero pari: esse sono caratteristiche dei gusci allungatissimi. Foramina sono dette le comunicazioni multiple di piccole dimensioni, circolari, connesse con l'endoscheletro (v. figg. 213 e 214).

In certe Fusulinidea si ha un **endoscheletro** che può essere dovuto a depositi secondari, o può derivare dall'accrescimento straordinario della kerioteca.

L'endoscheletro basale, che si sviluppa dal basso verso l'alto, può essere costituito da **chomata,** che sono ispessimenti ai lati della galleria: sono sviluppati specialmente nei generi primitivi, con poche pieghe settali. I **parachomata** (v. fig. 213) sono pieghe basali che si possono innalzare fino a 1/3 o 1/2 altezza della camera, che viene così parzialmente suddivisa in camerette *(Misellina, Verbeekina)*. Si chiama **axial filling** il deposito secondario di calcite opaca, localizzato nella regione assiale di certe forme molto allungate.

L'endoscheletro murale, che si sviluppa dall'alto verso il basso, è presente solo nelle *Neoschwagerinidae:* può consistere di setti secondari che pendono dal soffitto perpendicolari ai setti, saldandosi coi parachomata e dando luogo alla formazione di camerette. Nella figura 214 sono indicate strutture di questo tipo, con la relativa nomenclatura.

Le Fusulinidea sono forme di grande valore stratigrafico, essendo limitate al Permo-Carbonifero. Le associazioni sono spesso molto ricche di fossili, e questi possono talora avere importanza litogenetica. Sono forme epicontinentali, considerate di mare caldo. Secondo alcuni autori certe forme sferiche avrebbero potuto essere pelagiche.

Riassumendo, i caratteri diagnostici usati nella classificazio

Fig. 215 - Schema dell' evoluzione avvenuta nel Carbonifero (Baskiriano-Moscoviano) all'interno della serie di specie *Pseudostaffella antiqua* (Dutkevich) - *Pseudostaffella sphaeroidea* (Ehrenberg). Sezioni assiali. Le tendenze evolutive consistono in una riduzione progressiva dello stadio iniziale endotiroide, in un cambiamento della forma dei chomata e infine in aumento generale delle dimensioni. Da *Rauser-Cernoussova* 1963. a = *Pseudostaffella antiqua* (Dutkevich); b = *Pseudostaffella antiquā grandis* (Schlykova); c = *Pseudostaffella praegorskyi* (Rauser-Cernoussova); d = *Pseudostaffella gorskyi primitiva* (Dutkevich); e,f = *Pseudostaffella gorskyi* (Dutkevich); g,h = *Pseudostaffella sphaeroidea* (Ehrenberg).

Fig. 215 - Schema dell' evoluzione avvenuta nel Carbonifero (Baskiriano-Moscoviano) all'interno della serie di specie *Pseudostaffella antiqua* (Dutkevich) - *Pseudostaffella sphaeroidea* (Ehrenberg). Sezioni assiali. Le tendenze evolutive consistono in una riduzione progressiva dello stadio iniziale endotiroide, in un cambiamento della forma dei chomata e infine in aumento generale delle dimensioni. Da *Rauser-Cernoussova* 1963. a = *Pseudostaffella antiqua* (Dutkevich); b = *Pseudostaffella antiqua grandis* (Schlykova); c = *Pseudostaffella praegorskyi* (Rauser-Cernoussova); d = *Pseudostaffella gorskyi primitiva* (Dutkevich); e,f = *Pseudostaffella gorskyi* (Dutkevich); g,h = *Pseudostaffella sphaeroidea* (Ehrenberg).

ne delle Fusuline e affini sono osservabili soprattutto nelle sezioni assiali. Essi sono:

1) tipo di muraglia,
2) presenza o assenza di un endoscheletro e sue caratteristiche,
3) rapporti fra le dimensioni (ratio) e forma generale del guscio,
4) angolo assiale formato dai chomata ai lati della galleria,
5) numero dei giri e loro rapporto di accrescimento,
6) tipo ed estensione delle pieghe settali.

Le dimensioni e la forma delle Fusuline variano nel corso del Paleozoico superiore. Nella fig. 216 si osserva che esse sono dapprima discoidali, poi globose, fusiformi, allungate e finalmente subcilindriche. Le loro dimensioni tendono ad aumentare.

La maggioranza degli autori distingue due famiglie: *Fusulinidae* e *Neoschwagerinidae*. Complessivamente si hanno oltre mille specie, appartenenti a diverse decine di generi.

Fusulinidae

La famiglia delle *Fusulinidae* è suddivisa da **Pokorny** in 5 sottofamiglie, tre di più di quelle generalmente conosciute (*Fusulininae* e *Schwagerininae*).

Le *Schubertellinae* hanno guscio piccolo, lenticolare fino a cilindrico, involuto, evoluto o svolto, planispirale o coi primi giri di tipo endotiroide. La parete è sottile: oltre alla proteca si ha spesso un tectorium esterno. Vi sono chomata e le pieghe settali sono limitate alle estremità polari. Appartengono a questa sottofamiglia i generi *Millerella*, *Ozawainella*, *Rauserella* e *Schubertella* rappresentati alla figura 216.

Le *Staffellininae* hanno guscio piccolo, discoidale o subsferico. La spiroteca è quasi sempre variamente diagenizzata. Vi è un uni-

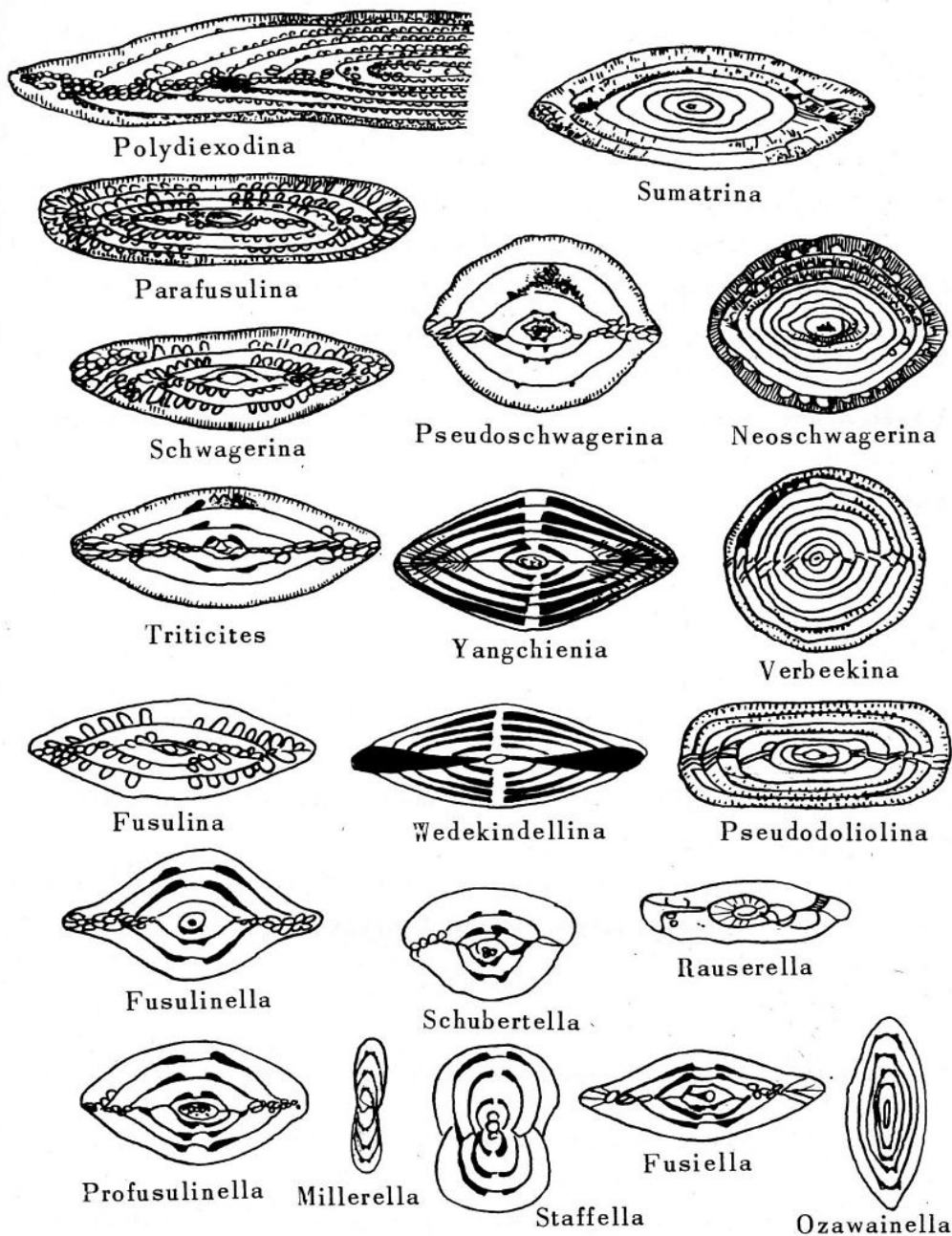



Fig. 216 - Sezioni assiali schematiche di Foraminiferi appartenenti alla superfamiglia *Fusulinidea.* I generi sono disposti in ordine stratigrafico, dal Carbonifero inferiore (in basso nella pagina) al Permiano superiore (in alto). Da *Jones* 1956.

co genere, *Staffella*, ed è tenuto separato in una sottofamiglia (**Thompson** 1954) proprio a causa della costituzione chimica del suo guscio.

Le *Boultoniinae* sono caratterizzate da gusci piccoli, globosi o fusiformi, con muraglia di tipo diafanotecale. Lo juvenarium si avvolge secondo un asse diverso dall'asse di avvolgimento dell'adulto.

Le *Fusulininae* hanno muraglia di tipo diafanotecale. I generi *Profusulinella, Fusulinella, Fusulina, Wedekindellina* rappresentati nella fig. 216 appartengono a questa sottofamiglia.

Le *Schwagerininae* hanno muraglia di tipo keriotecale, sono grandi, hanno pieghe settali molto estese, con formazione di camerette e cunicoli. Appartengono a questo gruppo i generi *Triticites, Schwagerina, Pseudoschwagerina, Parafusulina, Polydiexodina* rappresentati nella fig. 216.

Neoschwagerinidae

La famiglia delle *Neoschwagerinidae* è caratterizzata dalla presenza di un endoscheletro. La muraglia è sempre di tipo keriotecale.

Le *Verbeekininae* mancano sempre di septula. Ricordo il genere *Verbeekina* (v. fig. 216).

Le *Neoschwagerininae* hanno un endoscheletro completo, con parachomata e septula. Ricordo i generi *Neoschwagerina* e *Sumatrina* (fig. 216).

Foraminiferi a guscio calcareo imperforato

I Foraminiferi a guscio calcareo imperforato « porcellanaceo » vengono generalmente raggruppati in una superfamiglia indipendente (Miliolidea di **Glaessner, Sigal** e **Pokorny,** Miliolacea di **Loeblich** e **Tappan**).

La parete calcarea presenta mescolanza di materiale organico e a volte possiede uno strato esterno arenaceo. Il guscio è imperforato almeno negli stadi postembrionali. L'avvolgimento è planispirale, lungo un piano o su diversi piani; raramente è trocospirale. L'apertura è terminale, semplice, tipicamente con un dente alla base, oppure è cribrata.

Appartengono a questa superfamiglia le *Ophtalmidiidae*, le *Miliolidae*, le *Peneroplidae* e le *Alveolinidae*. I Foraminiferi, specie nell'ultima famiglia, possono raggiungere dimensioni ragguardevoli.

Ophtalmidiidae

La famiglia delle *Ophtalmidiidae* è caratterizzata da gusci liberi o attaccati, con le prime camere avvolte secondo una spirale piana, poi variamente disposte; le pareti sono calcaree imperforate e non presentano mai uno strato esterno arenaceo. Spesso si hanno gusci biloculari, di tipo assai semplice. L'apertura può essere semplice o cribrata; non presenta mai denti.

In questa famiglia, che raggruppa forme assai differenti fra loro, **Pokorny** distingue 3 sottofamiglie con numerosi generi. Fra questi ricordo:

Cornuspira (fig. 217) presenta un guscio libero, lenticolare appiattito, costituito da un proloculus sferico seguito da un'unica camera tubolare indivisa, avvolta secondo una spirale piana (del tutto simile all'avvolgimento di *Ammodiscus*); parete calcarea imperforata; l' apertura è formata dall'estremità aperta della seconda camera tubolare, ed è alle volte ristretta da un labbro ispessito.

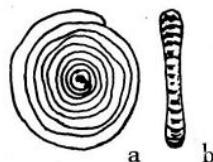



Fig. 217 - *Cornuspira involvens* Reuss. a = veduta laterale; b = sezione assiale.

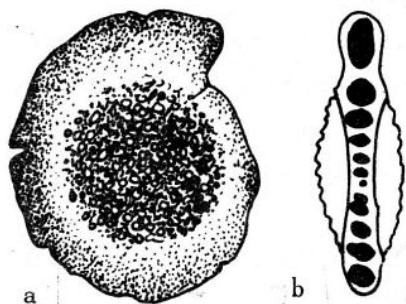



Fig. 218 - *Involutina liasina* (Jones) Da *Wicher* 1938. a = veduta letarale; b = sezione assiale.

Involutina (fig.218) è simile a *Cornuspira*, ma se ne distingue per la presenza di formazioni calcaree secondarie che ispessiscono le pareti laterali. Dal Trias superiore al Lias.

Trocholina (fig.219) ha un guscio conico, con camera avvolta secondo una spirale trocoide. L'ombelico si presenta riempito da una massa calcitica chiara. Dal Lias al Cretaceo inferiore.

Vidalina (fig. 220) è planispirale e simile complessivamente a *Cornuspira*, ma è completamente involuta. Diffuso dal Giurassico.

Ophtalmidium (fig. 221) ha un guscio planispirale appiattito, non involuto. Esso consiste di un proloculus di forma sferica seguito da una camera tubolare che si avvolge secondo una spirale piana per circa due giri; le camere successive, meno lunghe, sono debolmente avvolte; apertura arrotondata all' estremità dell' ultima camera.

Miliolidae

La famiglia delle *Miliolidae* è caratterizzata da un avvolgimento spiralato, con una disposizione delle camere su diversi piani intorno ad un asse allungato; questa disposizione è tipica delle Miliolidae, ed è sempre presente per lo meno nello stadio giovanile delle forme microsferiche. Le camere sono sempre in numero di due per ogni giro, e sono semplici nella maggior parte dei generi; le pareti sono costituite da una base chitinosa sulla quale si sviluppa uno

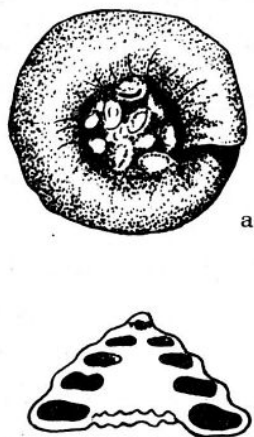



Fig. 219 - *Trocholina conica* (Schlumberger). Da *Wicher* 1938. a = veduta basale; b = sezione assiale.

Fig. 220 - *Vidalina hispanica* Schlumberger. Da *Wicher* 1938. a = veduta laterale; b = sezione assiale.

strato calcareo imperforato; nei generi più primitivi, esternamente allo strato calcareo imperforato, si trova uno strato arenaceo (es. *Sigmoilina*). Apertura terminale, semplice o cribrata, fornita di un dente.

Miliolidae sono note fin dal Paleozoico, e in generale non hanno grande importanza stratigrafica; fanno eccezione alcuni generi altamente specializzati come *Lacazina* del Cretaceo superiore.

La maggior parte delle Miliolidae vivono in acque costiere e calde; alguni generi però (*Pyrgo*) vivono a notevole profondità, in acque fredde.

Fig.221 - *Ophtalmidium incostans* Brady.

A questa famiglia, molto ampia, appartengono una quarantina di generi, fra i quali ricordo:

Quinqueloculina (fig. 222): guscio spiralato, con avvolgimento su cinque piani; in ogni giro si trovano due camere, le cui aperture sboccano alle due estremità opposte; il piano successivo forma col primo un angolo di 144°; viste dall'esterno, ogni camera forma con quella immediatamente successiva un angolo di 72°; le pareti sono costituite da una base chitinosa seguita da uno strato calcareo imperforato; in alcune specie si nota uno strato esterno formato da granelli di sabbia agglutinati. Apertura arrotondata, terminale, fornita di un dente semplice. Diffuso dal Giurassico al Recente.

Fig. 222 - *Quinqueloculina vulgaris* d'Orbigny.

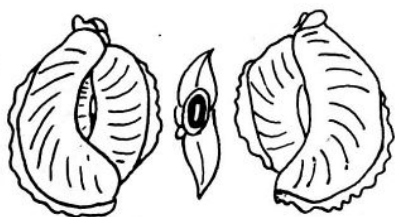



Fig. 223 - *Massilina secans* d'Orbigny, x 16.

Massilina (fig. 223): avvolgimento tipo *Quinqueloculina* nella fase giovanile, seguito da un avvolgimento con camere opposte, su un singolo piano; le pareti hanno spesso uno strato esterno arenaceo; apertura semplice, fornita di un dente bifido.

Spiroloculina (fig. 224): guscio con avvolgimento tipo *Quinqueloculina* evidente nella forma microsferica, ridotto o mancante nella forma megalosferica; nello stadio adulto le camere sono disposte su di un solo piano; l'apertura può essere fornita di un dente semplice o bifido; spesso presenta un collo ed un labbro.

Sigmoilina (fig. 225): le camere giovanili persentano un avvolgimento tipo *Quinqueloculina;* quelle successive sono disposte secondo dei piani che formano fra di loro degli angoli leggermente superiori a 180°; esaminate in sezione, danno luogo ad un'apparenza sigmoidale. Le pareti spesso sono arenacee esternamente; apertura arrotondata, con un dente semplice.

Fig.224 - *Spiroloculina excavata* d'Orbigny, x 14.

Articulina (fig. 226): le camere giovanili sono disposte come in *Quinqueloculina,* ma quelle successive formano una serie rettilinea; il guscio è calcareo; l'apertura è arrotondata o ellittica, e presenta spesso un corto collo o un labbro a fiala. Diffuso dall'Eocene medio.

Fig.225 - *Sigmoilina herzensteini* Schlumb. (Sezione trasversale.

Triloculina (fig. 227): avvolgimento tipo *Quinqueloculina* nello stadio giovanile, seguito da uno, detto appunto tipo *Triloculina,* caratterizzato da angoli di 120° fra i piani successivi; le camere viste dall'esterno, si presentano in numero di tre; pareti calcaree porcellanacee; apertura con dente bifido.

Fig. 226 - *Articulina sagra* d'Orbigny, x 23.

Pyrgo (fig. 228): avvolgimento tipo *Quinqueloculina* nelle prime camere, seguito da uno stadio tipo *Triloculina*, poi con camere involute, aggiunte secondo piani che formano fra di loro angoli di 180°. L'apertura è caratterizzata da un dente bifido largo, molto tipico.

Lacazina (fig. 229): nella forma microsferica le camere sono avvolte inizialmente come in *Quinqueloculina*, poi come in *Triloculina;* l'ultima camera, labirintica, è completamente involuta; la forma appare esternamente compressa come uno sferoide appiattito; le aperture appaiono come un anello di pori presso la periferia del lato dorsale. Forma tipica del Cretaceo superiore.

Peneroplidae

Fig. 227 - *Triloculina laevigata* d'Orbigny.

La famiglia delle *Peneroplidae* è caratterizzata da gusci calcarei porcellanacei imperforati: il proloculus e la camera successiva sono però perforati. L'avvolgimento delle camere è planispirale (involuto o evoluto) per lo meno nei primi stadi: successivamente si possono avere camere anulari o svolte. Nelle forme più complesse e di maggiori dimensioni *(Sorites, Orbitolites)*, le camere anulari sono divise in camerette da setti secondari. Stoloni diagonali mettono in comunicazione fra loro le camerette adiacenti appartenenti alla camera precedente e successiva (v.fig.230).

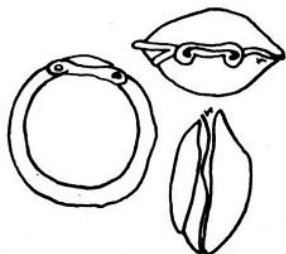



Fig.228- *Pyrgo sarsi*.(Schlumb),x 11.

Fig.229- *Lacazina compressa* d'Orbigny, x 2.

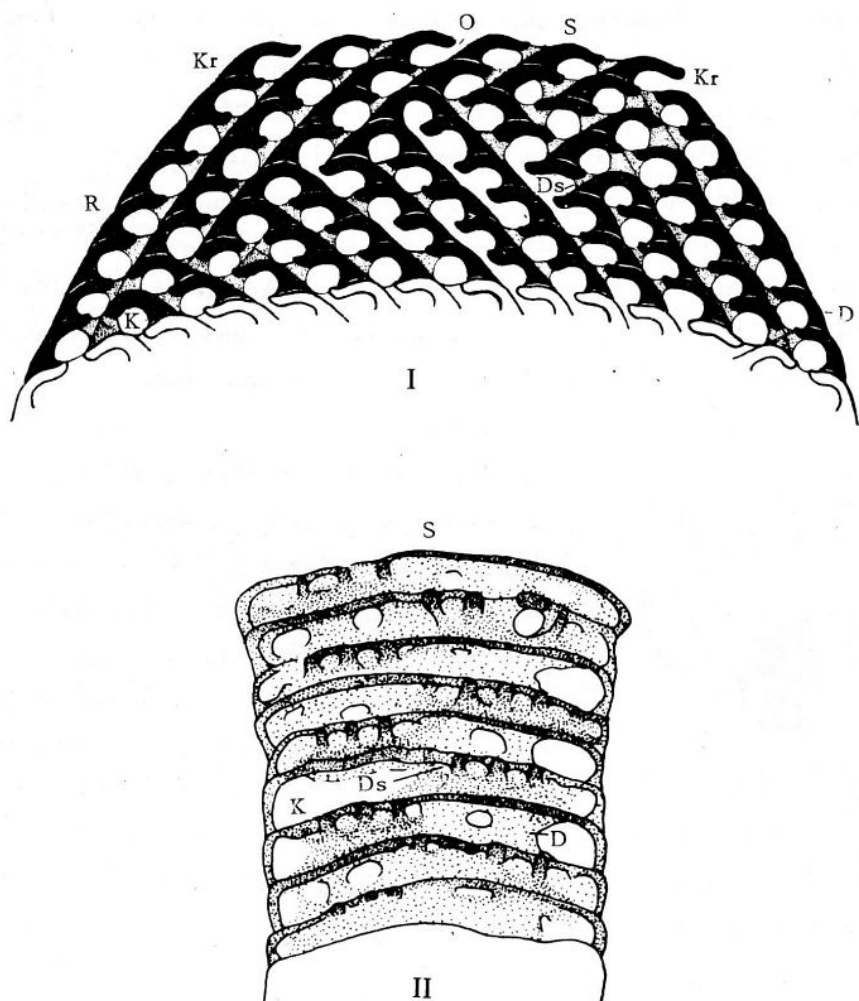
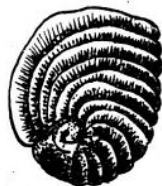



Fig. 230 - Porzione esterna di una sezione equatoriale (I) e di una sezione assiale (II) di *Orbitolites*, x 100. Da *Lehmann* 1961. K = camera; Kr = anello delle camere; S = setto; Ds = stolone diagonale; D = parete diagonale; O = apertura; R = «Rampa».

L'apertura è semplice nelle forme più primitive: può essere a fessura o dendritica (in *Dendritina*). Spesso si hanno aperture multiple specialmente nelle forme più complesse.

Questa famiglia è alquanto eterogenea e comprende forme assai diverse fra loro: non tutti gli autori sono d'accordo, per esempio, sulla natura del guscio (determinante per l'inclusione in questa famiglia) di *Meandropsina* e *Rhapydionina*.

Fig. 231 - *Peneroplis*.

Ricordo i generi *Peneroplis* (fig. 231) con guscio appiattito, a forma di ventaglio; le camere si avvolgono secondo una spirale piana, da evoluta a involuta, poi svolte. Apertura areale, semplice nello stadio giovanile, poi costituita da numerosi forellini. Dall'Eocene al Recente.

Dendritina (fig. 232) presenta guscio lenticolare con camere avvolte secondo una spirale piana, generalmente involuta. Apertura areale, tipicamente dendritica. Dall'Eocene al Recente.

Orbitolites è una forma di grandi dimensioni, discoidale appiattita. Dopo lo stadio iniziale planispirale (forma B) o con embrione biloculare (forma A, vedi fig. 233) si hanno camere anulari suddivise in camerette da setti secondari obliqui, disposti alternativamente in una camera e in quella successiva. Paleocene ed Eocene.

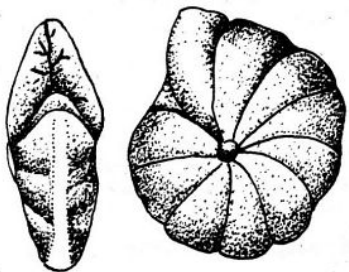



Fig. 232 - *Dendritina arbuscula* d'Orbigny.

Opertorbitolites è un genere affine al precedente per la struttura del guscio: se ne distingue per la presenza di una spessa lamina calcarea imperforata sviluppata al di sopra e al di sotto delle camere equatoriali. Eocene. Alcuni autori (es. **Lehmann** 1961) lo considerano sinonimo di *Orbitolites*.

I

II

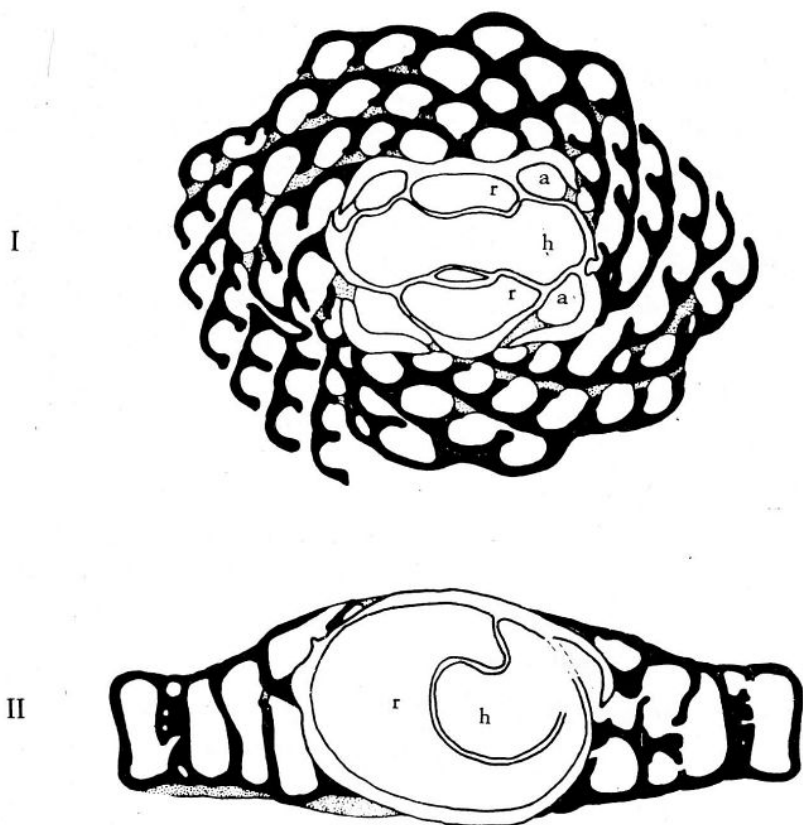



Fig. 233 - Apparato embrionale di *Orbitolites reicheli* Lehmann (forma A) dell'Eocene medio, x 125. Da *Lehmann* 1961. I. Sezione equatoriale. II. Sezione assiale. h = camera a forma di manubrio; r = camera a forma di anello; a = « camere ausiliarie ».

Sorites (fig. 234) è un genere affine ai precedenti, con stoloni anulari oltre che diagonali. Di conseguenza le camerette di una stessa camera anulare, a differenza che in *Orbitolites*, sono in comunicazione fra loro. Dall'Oligocene al Recente.

Alveolinidae

La famiglia delle *Alveolinidae* comprende dei grandi Foraminiferi spesso fusiformi, che possono raggiungere dimensioni eccezionali (*Alveolina gigantea* supera spesso i 5 cm e può arrivare a 10), analoghi, per il loro avvolgimento, alle Fusulinidae. Se ne distinguono per la natura calcarea imperforata del guscio e per la presenza costante di setti secondari che determinano la formazione di camerette tubolari allungate nel senso dell'avvolgimento. I gusci sono globosi o fusiformi, avvolti secondo una spirale piana intorno a un asse allungato, sono involuti e presentano simmetria bilaterale.

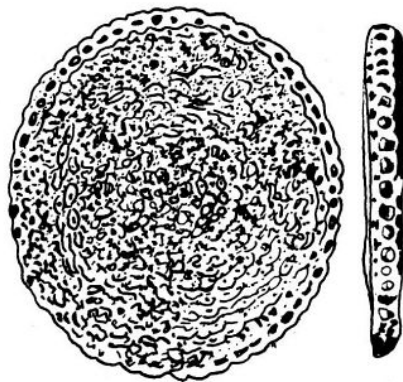



Fig. 234 - *Sorites dominicensis* Ehrenberg.

Sono forme molto littorali, di notevole valore stratigrafico. Le Alveoline cominciano nel Cenomaniano, si sviluppano nel Cretaceo superiore e nell' Eocene e hanno forme caratteristiche fino al Miocene. Alcune specie sono tuttora viventi.

Nel guscio delle Alveoline si distingue la muraglia o **esoscheletro** e le formazioni interne (**endoscheletro**). La muraglia è formata dalla lama spirale porcellanacea imperforata che inflettendosi forma i setti meridiani che separano le camere.

La faccia orale delle Alveoline porta delle aperture rotonde od ovali in serie semplici o multiple; vi può essere un peristoma. Il numero delle aperture è estremamente variabile: esso corrisponde a quello delle camerette salvo che nel genere *Alveolina*, dove la presenza di pori intercalari (vedi fig.235) raddoppia il numero delle aperture rispetto a quello delle camerette.

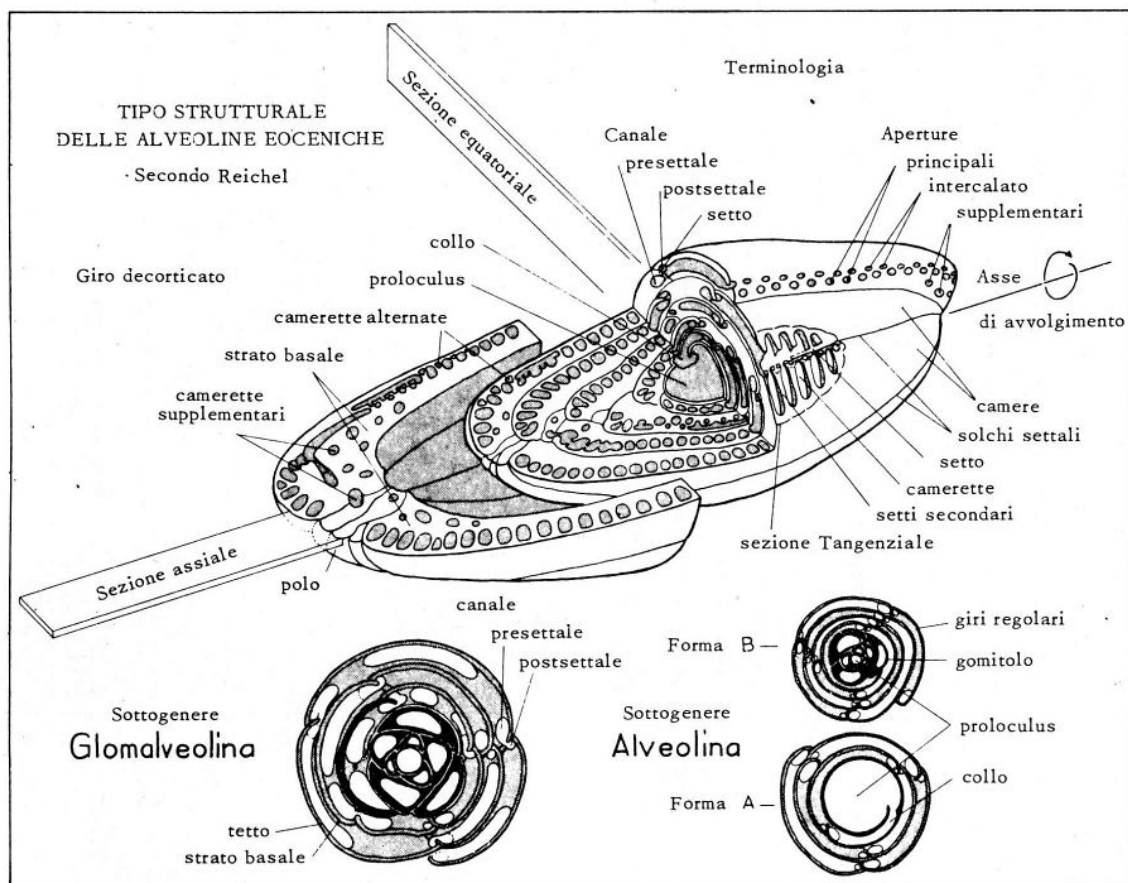



Fig. 235 - Terminologia degli elementi strutturali nel genere *Alveolina.* Lo stadio nepionico nei sottogeneri *Glomalveolina* e *Alveolina* è indicato in nero. Da *Hottinger* 1960.

Il guscio delle Alveolinidae è porcellanaceo come quello delle Miliolidae: l'esoscheletro è generalmente un po' più ialino dell'endoscheletro, il quale in sezione sottile appare spesso di colore grigiastro. Secondo **Reichel** questo è dovuto alla maggiore ricchezza in calcite della parete esterna, mentre l'endoscheletro sarebbe originariamente più ricco di cemento organico.

L'endoscheletro è costituito da setti secondari che dividono le camere nel senso dell'avvolgimento e perpendicolarmente alla superficie. Essi sono rettilinei e paralleli, e di spessore variabile. Possono presentarsi continui da una camera all'altra, o essere alternati.

Le comunicazioni fra le camerette sono stabilite per mezzo dei canali settali. Distinguiamo un **canale presettale,** presente in tutte le Alveoline, che rappresenta ciò che rimane della camera primitiva, senza compartimenti. Nel genere *Alveolina* s.str. del Terziario inferiore vi è anche un **canale postsettale,** di diametro inferiore al precedente, che si osserva all'estremità posteriore della camera.

Si chiamano **camerette** le suddivisioni tubolari delle camere, orientate nel senso della spira: sono dette primarie quelle che si trovano al livello del canale presettale. Le camerette secondarie si sviluppano lungo piani paralleli, al di sotto (in *Praealveolina*, *Subalveolina* e *Alveolina*) delle camerette primarie, o al di sopra (in *Alveolinella*). Si chiamano alveoli o cellule le camerette senza uscita presenti in *Subalveolina* e *Bullalveolina*. Si chiamano mansarde le piccole camerette che si formano sotto il tetto di certe forme complesse come *Flosculinella* o *Alveolinella* (vedi fig. 236).

Il proloculus è sferico e imperforato. Il dimorfismo è denotato dalle dimensioni del proloculus (che nelle forme microsferiche ha un diametro inferiore a 20 micron) e dalle dimensioni degli individui adulti. Le forme B rappresentano, secondo **Reichel,** una minima parte

	FACCIA ORALE	SETTO E SETTI SECONDARI	
		Sez. tangenziale	Sez. assiale
Alveolinella Miocene-Recente		S	canale presettale
Flosculinella Miocene inf.		S	
Bullalveolina Oligocene		S	
Neoalveolina Terziario-Rec.		S	
Alveolina Paleocene-Eocene		S	
Subalveolina Campaniano		S	
Praealveolina 2) *cretacea* 1) *simplex* Cenomaniano-Senoniano	2 1	S apert. access.	2 ap. access. 1
Ovalveolina Cenomaniano		S	

Fig. 236 - Caratteri strutturali dei generi delle *Alveolinidae*, relativi alle aperture e all'andamento dei setti secondari. Adattato da *Reichel* 1936. S = setto.

dell'insieme degli individui. Secondo lo stesso autore le dimensioni dei proloculi megalosferici variano da uno a due: questo fatto suggerisce l'ipotesi del polimorfismo iniziale (secondo **Hofker**) e sono state distinte una forma A 1 con megalosfera di dimensioni normali e una forma A 2 con megalosfera di dimensioni grandi.

Lo studio delle Alveoline viene effettuato su sezioni variamente orientate (vedi fig. 235). Per il riconoscimento delle specie si utilizzano le sezioni assiale ed equatoriale. Per lo studio dei caratteri strutturali e quindi per il riconoscimento dei generi le sezioni più importanti sono quelle tangenziali.

Secondo **Reichel** i caratteri generici delle Alveoline sono, in ordine di importanza decrescente:

1) caratteri della zona postsettale: presenza o assenza del canale postsettale, alveoli, mansarde;

2) struttura delle camere, continuità o alternanza dei setti secondari;

3) numero degli strati di camerette;

4) modo di avvolgimento dei primi giri.

Questi caratteri permettono un raggruppamento che corrisponde alla distribuzione stratigrafica delle specie; sono indipendenti dalla forma del guscio e si osservano specialmente nelle sezioni tangenziali.

Sono invece caratteri specifici la forma e le dimensioni del guscio, l'andamento dei setti, le aperture, oltre a diversi caratteri interni quali il passo della spira, lo spessore del guscio ecc. Questi si osservano principalmente nelle sezioni assiali e, subordinatamente in quelle equatoriali (vedi fig. 237).

Ricordo i generi:

Ovalveolina (fig. 238). Guscio globoso od ovoide, con stadio iniziale planispirale. I setti secondari si susseguono in continuità: le came

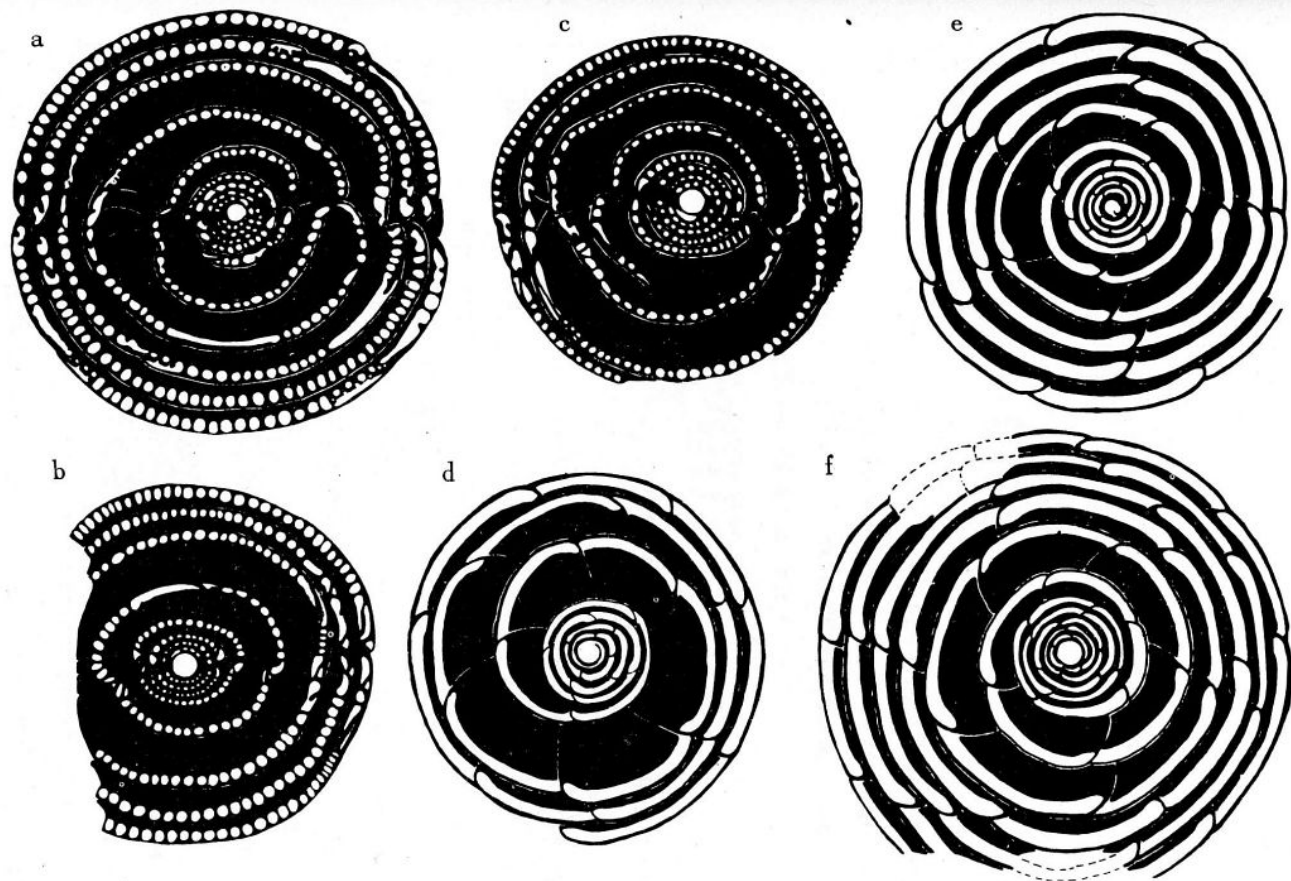



Fig. 237 - *Alveolina minervensis* Hottinger, dell'Ilerdiano inferiore, x 20. Da *Hottinger* 1960. a,b,c = sezioni assiali di forme A. d = sezione equatoriale di un esemplare a flosculinizzazione molto accentuata. e,f = sezioni equatoriali di forme A.

Fig. 238 - Schema di *Ovalveolina.* Da *Reichel* 1936.

re sono suddivise in camerette a forma di pera. Aperture disposte in una sola fila. Dal Cenomaniano al Turoniano.

Praealveolina (fig. 239). Guscio globoso o fusiforme, con setti secondari continui e camere suddivise in camerette disposte in un unico strato nella regione equatoriale, mentre in vicinanza dei poli si hanno altri strati di camerette. Le file di aperture sono in proporzione agli strati di camerette secondarie. Dal Cenomaniano al Turoniano.

Alveolina (fig. 240). Forma del guscio variabile: setti secondari alternati; presenza di un canale postsettale. Sopra alla fila principale delle aperture vi sono altre piccole aperture in posizione alternata. Dal Paleocene all'Eocene.

Si distinguono i sottogeneri *Glomalveolina*, di tipo più primitivo, con giri iniziali pelotonnati (v. fig. 235) e *Flosculina* (fig.241) caratterizzato dall'eccezionale sviluppo in spessore della parete. Dal Cuisiano al Luteziano.

Fig. 239 - Schema di *Praealveolina.* Da *Reichel* 1936.

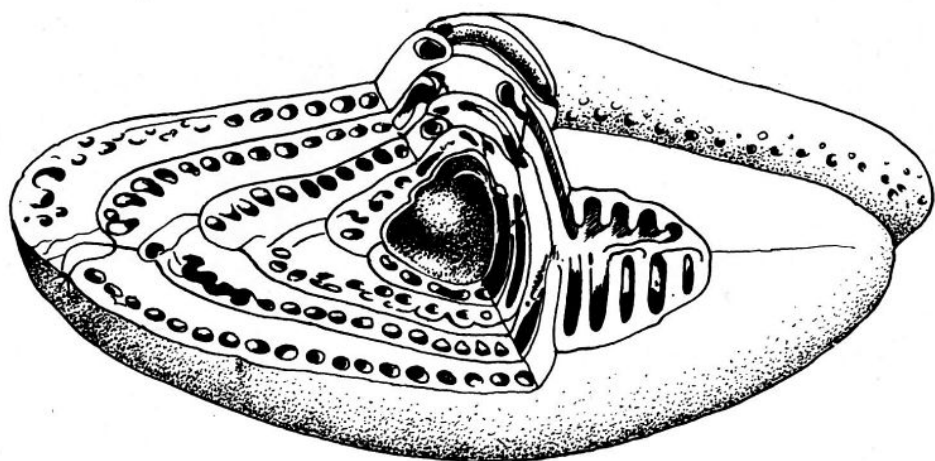



Fig. 240 - Schema di *Alveolina,* Da *Reichel* 1936.

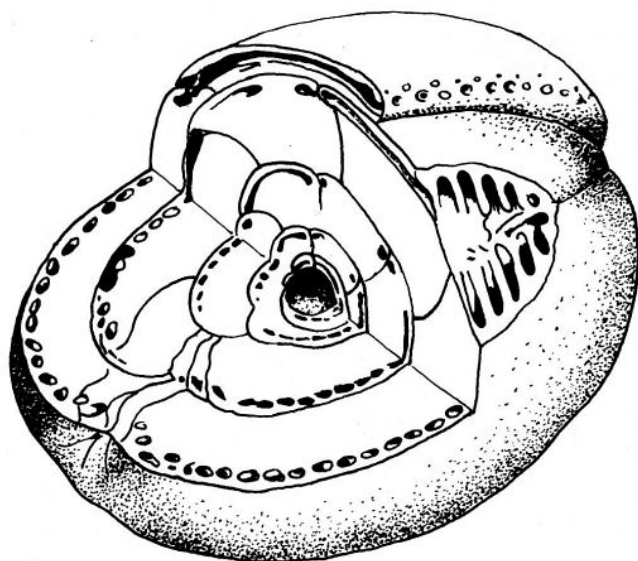



Fig. 241 - Schema di *Flosculina.* Da *Reichel* 1936.

Alveolinella (fig. 242): guscio fusiforme allungato, con diformismo accentuato. I setti secondari sono in continuità nelle camere adiacenti, e vi sono diversi strati di camerette, con mansarde. Il canale presetta-

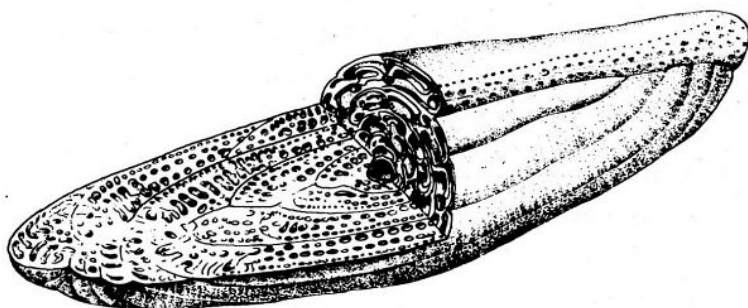



Fig. 242 - Schema di *Alveolinella.* Da *Reichel* 1936.

le è a volte raddoppiato. Le aperture sono su diverse file, e il loro numero aumenta in vicinanza dei poli. Dal Miocene medio al Recente.

Foraminiferi a guscio calcareo perforato

I foraminiferi a guscio calcareo perforato, i più evoluti fra tutti e i più numerosi, vengono suddivisi secondo le classificazioni più recenti in un numero di superfamiglie variabili da un minimo di tre (**Glaessner, Sigal**) a un massimo di otto (**Loeblich** e **Tappan**).

Le prime due superfamiglie (Nodosariidea e Buliminidea) sono le meno discusse, mentre per i Foraminiferi rotaliformi i vari autori seguono criteri tassonomici assai diversi.

Le Nodosariidea hanno parete calcarea (ialina) finemente perforata. Le camere sono planispirali o disposte su una linea retta o avvolte regolarmente su un asse allungato. Apertura periferica o terminale, generalmente raggiata, ma semplice nelle forme più antiche.

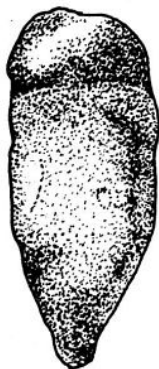
Nodosariidae (= Lagenidae)

Conchiglie con camere semplici, avvolte in vario modo: i tipi di avvolgimento più comuni nelle Nodosariidae sono - quando non si tratta di forme uniloculari - quello uniseriale con forme allungate rettilinee e arcuate, o a forma di V rovesciato, con guscio compresso; quello spiralato con forme planispirali. Il guscio è calcareo, finemente perforato, con aspetto vitreo; l'apertura è tipicamente radiata, con una cameretta di apertura comunicante con l'interno del guscio mediante un orifizio circolare; in alcuni generi però l'apertura è semplice.

La famiglia è antica, ma raggiunge un grande sviluppo ed acquista importanza stratigrafica specialmente nel Terziario.

Ricordo i generi:

Geinitzina (fig. 243) ha un guscio fortemente appiattito, particolarmente lungo la linea mediana, con contorno triangolare in veduta laterale. Le prime camere sono disposte lungo una linea talora contorta, poi sono uniseriali diritte. Apertura terminale, generalmente ellittica. Dal Devoniano superiore al Permiano.

Fig. 243 - *Geinitzina indigena* Bykova, x 100.

Robulus (fig. 244): guscio planispirale, con simmetria bilaterale, strettamente ravvolto e involuto; camere numerose, spesso di forma triangolare se viste lateralmente; parete liscia, con perforazioni finissime, di aspetto vitreo; apertura tipicamente radiata.

Dentalina (fig. 244): guscio allungato, arcuato, uniseriale; camere numerose, separate da suture oblique, per lo meno nella porzione giovanile; apertura radiata, periferica nello stadio giovani

le, poi con tendenza a divenire terminale.

Nodosaria (fig. 244): guscio simile a *Dentalina*, ma con serie rettilinea di camere; nelle forme adulte le suture formano angoli retti con lo asse di allungamento; apertura radiata, terminale.

Frondicularia (fig. 244): guscio molto compresso, con avvolgimento inizialmente spiralato nella forma microsferica; le camere successive si estendono ai due lati a forma di V rovesciato; apertura terminale, ra

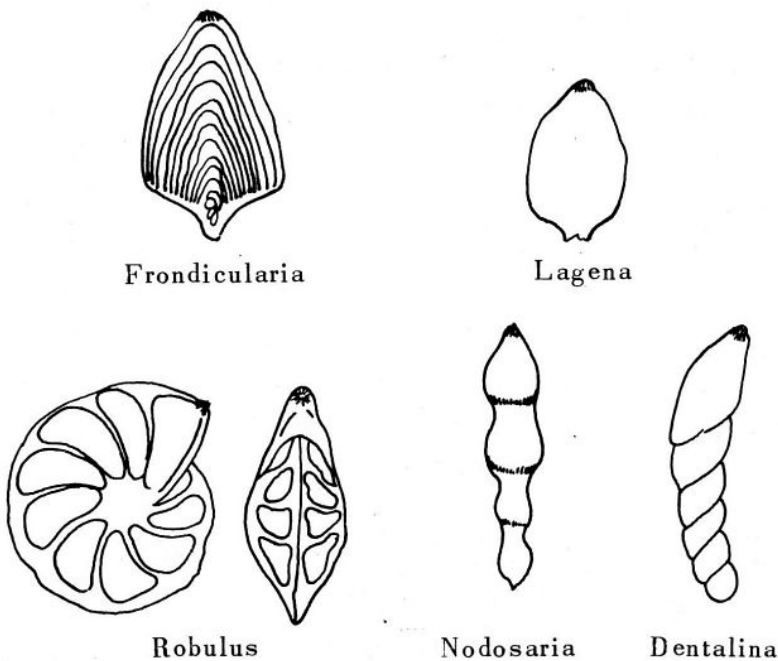



Fig. 244 - Generi rappresentativi della famiglia *Nodosariidae*.

diata.

Lagena (fig. 244): guscio uniloculare, con parete finemente o grossolanamente perforata, spesso molto ornata; l'apertura, che può essere sostenuta da un collo, è terminale, spesso arrotondata o ellittica, raramente radiata.

Polymorphinidae

Guscio generalmente libero, ma talvolta attaccato; l'avvolgimento è spiralato negli stadi giovanili di molti generi, poi è sigmoidale, biseriale o uniseriale: nelle forme attaccate si notano serie rettilinee di camere; la parete è calcarea, molto finemente perforata, di aspetto vitreo come nelle Lagenidae; apertura terminale, radiata o arrotondata (nelle forme degenerate).

Ricordo i generi:

Polymorphina (fig. 245): guscio generalmente largo e compresso: le camere giovanili sono disposte in una serie sigmoidale, poi diventano biseriali.

Fig. 245 - Generi rappresentativi della famiglia *Polymorphinidae.*

Ramulina (fig. 245): guscio generalmente libero, ramificato, costituito da camere arrotondate connesse da lunghi tubi stoloniferi; parete calcarea finemente perforata; aperture arrotondate, all'estremità dei tubi stoloniferi.

Le Buliminidea possiedono camere generalmente avvolte secondo una spirale trocoide o biseriali, per lo meno nei primi stadi di sviluppo; successivamente in alcune forme si hanno camere su una sola fila. La parte biseriale può essere diritta o curva. Apertura originariamente a fessura lungo la sutura basale. Nel corso dell'evoluzione si sposta nella faccia di apertura, divenendo terminale (circolare o a fessura) nelle forme uniseriali; si notano a volte aperture con un dente interno *(Bulimina)*, con un tubo interno *(Stilostomella)* o con un collo pro

minente (*Uvigerina*). Pareti finemente o grossolanamente perforate, con ornamentazione spesso ben sviluppata.

Buliminidae

E' tipico di questa famiglia un avvolgimento a spirale allungata, con un numero di camere piuttosto basso per ogni giro; nei generi più specializzati si hanno disposizioni biseriali, uniseriali o anche uniloculari. Guscio calcareo perforato, spesso con ricca ornamentazio-

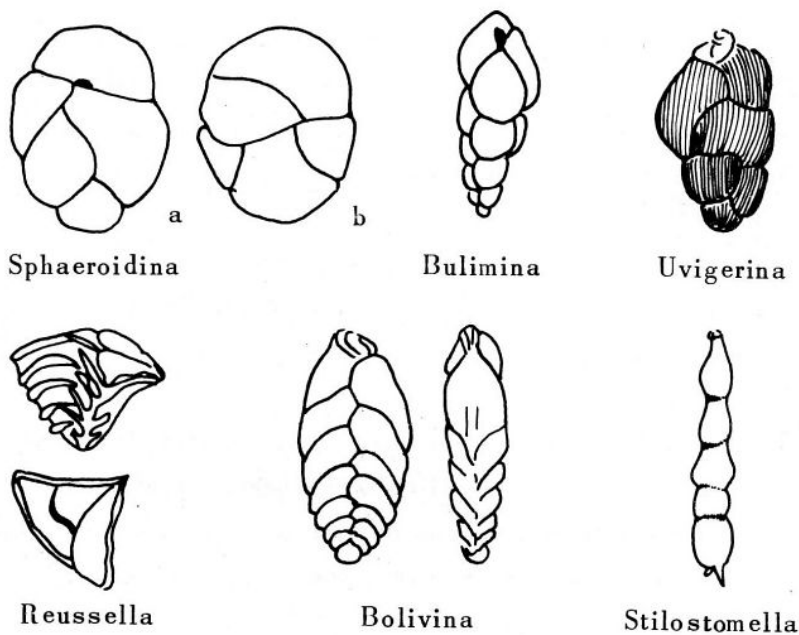



Fig. 246 - Generi rappresentativi della famiglia *Buliminidae*.

ne; l'apertura è a forma di virgola nei generi più semplici (es. *Bulimina*); è sostenuta da un collo e munita di un labbro in altri generi (es. *Uvigerina*); può essere cribrata (es. *Chrysalidinella*); spesso è munita di un tubo interno connesso con i sifoni (es. *Stilostomella*).

Fra le Buliminidae vi sono forme di grande importanza stratigrafica, specie nel Terziario e nel Quaternario. Ricordo i generi:
Sphaeroidina (fig. 246): guscio generalmente planispirale nello stadio giovanile, poi con disposizione irregolare delle camere; queste sono rigonfie, ed hanno una marcata tendenza a ricoprirsi: apertura piccola, arrotondata o arcuata, talvolta con un'espansione dentiforme. Questo genere, posto da **Cushman** nelle Chilostomellidae, viene riferito da **Pokorny** alla sottofamiglia delle Turrilininae, la prima di quelle appartenenti alle Buliminidae.
Bulimina (fig. 246): guscio costituito da una spirale allungata, generalmente triseriale; camere rigonfie, separate da suture depresse, spesso indistinte (specie la sutura spirale); parete calcarea, finemente perforata; apertura a forma di virgola, con un dente piatto laterale, munita di un tubo interno, spiralato, che mette in comunicazione le camere attraverso i foramina.
Reussella (fig. 246): guscio distintamente triseriale, con sezione trasversale triangolare, rastremato; parete calcarea finemente o grossolanamente perforata; apertura allungata, obliqua, che si stacca dalla base della faccia di apertura.
Uvigerina (fig. 246): guscio generalmente triseriale, fusiforme, allungato, con sezione trasversale circolare; camere rigonfie, arrotondate; parete calcarea perforata, spesso con ricca ornamentazione; apertura terminale, arrotondata, con un collo e un labbro intorno all'apertura.
Stilostomella (= Siphonodosaria) (fig. 246): guscio allungato, con le camere disposte in un'unica serie rettilinea; il proloculus spesso ha dimensioni maggiori delle camere successive; parete calcarea preforata; apertura larga, arrotondata, terminale, con un collo ed un labbro. Diffuso specialmente nel Terziario.
Bolivina (fig. 246): guscio allungato, generalmente compresso, rastremato; disposizione delle camere tipicamente biseriale; parete calca-

rea, con pori fini o anche grossi, apertura allungata, un po' a virgola, spesso con un dente piatto connesso con un tubo interno.

Bolivinoides (fig. 247): guscio inizialmente spiralato, poi biseriale, compresso, di forma romboidale. Parete calcarea finemente perforata; apertura piuttosto grande, al margine interno dell'ultima camera. L'ornamentazione è sempre molto accentuata: si tratta di una vera scultura del guscio che trae origine dalle suture fra le camere ma che, in complesso, ha un andamento opposto a quello delle suture. A questo genere appartengono forme altamente significative nella stratigrafia del Cre-

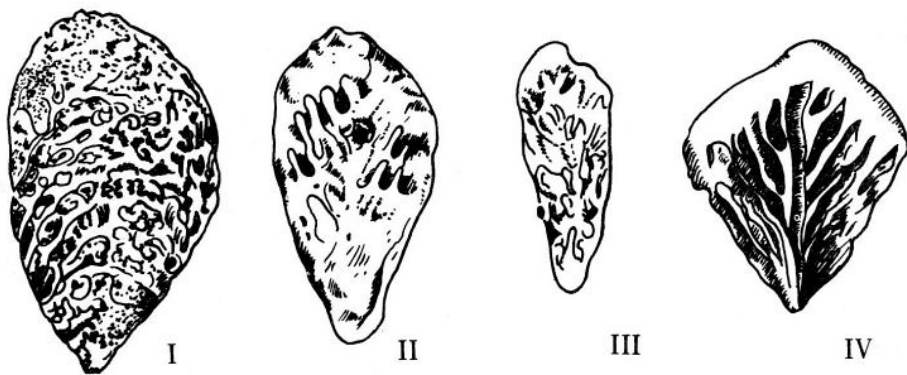



Fig. 247 - I = *Aragonia velascoensis* (Cushman) del Daniano. II = *Bolivinoides decorata decorata* (Jones) del Campaniano superiore. III = *Bolivinoides strigillata* (Chapman) del Campaniano inferiore. IV = *Bolivinoides draco draco* (Marsson) del Maastrichtiano. Tutte le figure x 60.

taceo superiore.

Aragonia (fig. 247): guscio appiattito, con disposizione delle camere biseriale, simile in complesso a *Bolivinoides;* la scultura del guscio è anche qui molto accentuata, e deriva dall'ingrossamento delle suture, che presentano dei listelli trasversali acuti e anastomosati. Dal Maastrichtiano all'Eocene.

Cassidulinidae

Guscio di forma lenticolare, globoso o allungato, ad avvolgimento trocoide per lo meno negli stadi giovanili; le camere successive nei generi più specializzati sono alternate, e possono svolgersi; parete calcarea, perforata; apertura generalmente allungata nella direzione dell'avvolgimento, di solito con un dente; nelle forme svolte l'apertura è più arrotondata. Si ricordano i generi:

Cassidulina (vedi fig. 248): guscio strettamente avvolto, lenticolare o globoso, spesso involuto; le camere si alternano ai due lati della peri

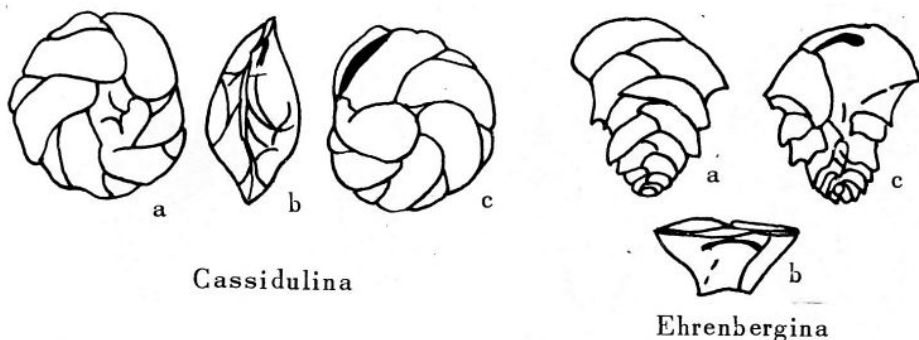



Fig. 248 - Generi rappresentativi della famiglia *Cassidulinidae.*

feria; le pareti sono finemente perforate e per lo più lisce; apertura allungata, situata presso il margine esterno, spesso munita di un dente a forma di piastra.

Ehrenbergina (fig. 248): stadio giovanile compresso, planispirale nella forma microsferica; la forma adulta si presenta compressa in direzione opposta a quella dello stadio giovanile e diventa svolta; apertura sottile e allungata.

Chilostomellidae

Questa famiglia è caratterizzata da una forma del guscio ovoidale o lenticolare; l'avvolgimento è trocoide nello stadio giovanile, ben sviluppato nei generi più primitivi; l'avvolgimento cambia successivamente, e può essere di vario tipo; comune un avvolgimento planispirale involuto, nel quale il primitivo stadio trocospirale è invisibile; il guscio, calcareo, è finemente perforato; l'apertura è tipicamente ventrale, ma diviene mediana nelle forme planispirali.

Le Chilostomellidae cominciano ad apparire nel Cretaceo superiore, ma raggiungono un notevole sviluppo solamente nel Terziario; le forme appartenenti a questa famiglia sono comuni in moltissime associazioni, ma raramente sono abbondanti.

I generi riferiti a questa famiglia da **Pokorny** sono molto meno numerosi di quelli indicati da **Cushman**; fra questi ricordo:

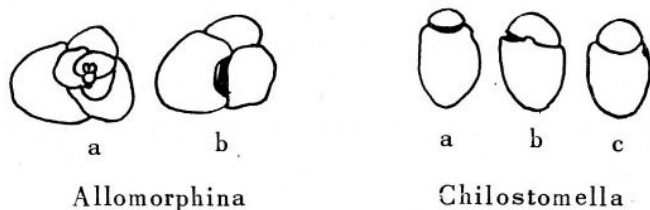



Fig. 249 - Generi rappresentativi della famiglia *Chilostomellidae.*

Allomorphina (fig. 249): conchiglia ad avvolgimento trocoide, generalmente con tre camere per giro; le camere hanno un accrescimento rapido, sono rigonfie e spesso involute; l'apertura consiste in un arco allungato situato al margine interno dell'ultima camera, sul lato ventrale; talvolta si nota un sottile labbro.

Chilostomella (fig. 249): conchiglia di forma ovoidale o subcilindrica con un avvolgimento iniziale trocoide nello stadio giovanile, special-

mente nelle forme microsferiche; le camere dello stadio iniziale sono simili a quelle di *Allomorphina;* successivamente le camere diventano due per ogni giro, e tendono a ricoprire le precedenti; apertura stretta e ricurva, al margine della faccia ventrale dell'ultima camera, spesso con un sottile labbro rovesciato. Vivente dal Cretaceo superiore.

Ellipsoidinidae

Guscio con lo stadio iniziale biseriale; la disposizione delle camere successive è uniseriale nella maggior parte dei generi; parete calcarea, finemente perforata; apertura generalmente stretta, con una prominenza da una parte, connessa con un tubo interno simile a quello delle *Buliminidae*, che mette in comunicazione le camere. L'apertura semicircolare ed il tubo interno sono i caratteri distintivi fondamentali dei generi appartenenti a questa faimglia i quali, per altri caratteri, potrebbero essere posti in altra parte della classificazione (es. *Ellipsonodosaria* per la sua forma esterna potrebbe essere posta fra le Lagenidae, come *Nodosaria).* Le Ellipsoidinidae sono comuni in Italia specialmente nel Terziario, deve rivestono una notevole importanza stratigrafica.

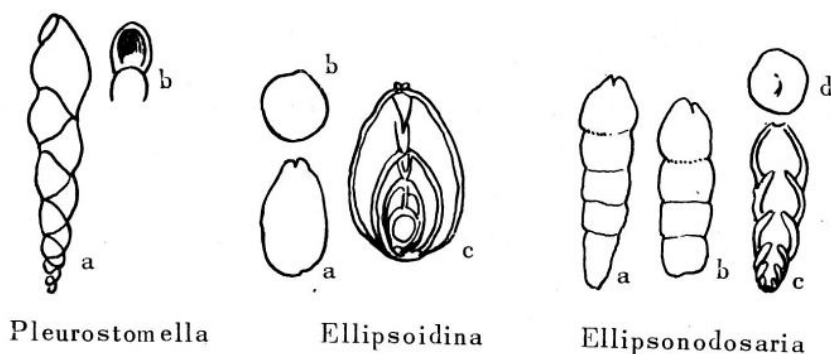



Fig. 250 - Generi rappresentativi della famiglia *Ellipsoidinidae.*

Ricordiamo i generi:

Pleurostomella (fig. 250): guscio generalmente allungato, biseriale; apertura arcuata posta sul lato interno della camera, parzialmente ostruita da due denti laterali.

Ellipsonodosaria (fig. 250): guscio allungato con le camere arrotondate, disposte in una sola serie rettilinea; apertura stretta, subterminale, subellittica.

Ellipsoidina (fig. 250): guscio con le camere disposte in una serie rettilinea, ma completamente involute, in modo che, vista esternamente, sembra una forma uniloculare; apertura subterminale, stretta, semicircolare, con struttura tubolare interna ben sviluppata. Diffusa nel Terziario.

Foraminiferi Rotaliformi

La tassonomia dei Foraminiferi rotaliformi, come abbiamo già accennato in precedenza, è assai discussa nella forma e nella sostanza. Questi Foraminiferi possiedono un guscio originariamente trocospirale, che nel corso della filogenesi può dar luogo a disposizioni planispirali, svolte, cicliche, ramificate ecc. La parete del guscio nei tipici rappresentanti è calcarea perforata e costruita radialmente. Il guscio di queste forme tipiche è costituito da lamine concentriche; ogni lamina corrisponde a un periodo della formazione delle camere e riveste l'intero guscio.

Apertura originariamente arcuata, lungo la sutura basale della faccia frontale, che in stadi successivi può diventare multipla o consistere di pori.

La superfamiglia delle Rotaliidea è stata istituita da **Glaessner**, che vi comprendeva anche le forme separate successivamente da **Pokorny** come Spirillinidea (vedi pag. 248).

Recentemente **Smout** ha proposto un emendamento di questa superfamiglia che verrebbe limitata alle forme che presentano le seguenti caratteristiche:

1) parete consistente di lamelle calcitiche con struttura radiale, che sono perforate in corrispondenza della parete esterna;

2) sistema di canali costantemente presente;

3) i setti fra le camere sono sempre doppi;

4) l'apertura basale della parete frontale non corrisponde alla bocca ma è un riassorbimento tardivo del foramen.

Secondo l'emendamento di **Smout,** apparterrebbero alle Rotaliidea le seguenti famiglie: *Rotaliidae, Rupertiidae, Miogypsinidae, Elphidiidae, Baculogypsinidae, Nummulitidae, Miscellaneidae, Orbitoididae* (pars).

Le forme che possiedono il carattere 1) ma che non hanno un sistema di canali, presentano setti semplici e possiedono vere bocche sono riuniti da **Smout** nella superfamiglia delle *Discorbidea.*

Pokorny nella sua recente classificazione include nelle Rotaliidea anche le forme calcaree perforate con parete semplice, le forme con gusci aragonitici formati da numerosi strati radiali e le forme trocospirali perforate formate da calcite granulare, poiché il significato filogenetico di queste modificazioni della struttura non sarebbe ancora sufficientemente chiarito.

Un'altra superfamiglia è stata recentemente istituita da **Banner** e **Blow** per dei Foraminiferi considerati da **Glaessner, Sigal** e **Pokorny** come appartenenti alle Rotaliidea: si tratta della superfam. Globigerinacea che raggruppa tutti i Foraminiferi planctonici eccetto le *Heterohelicidae.*

La classificazione più recente e più nuova è quella di **Reiss** (1963), basata fondamentalmente sulla struttura del guscio e sui caratteri interni. Questo autore distingue tre superfamiglie dopo le Buliminidea:

Monolamellidea (che comprende, fra le altre, le *Spirillinidae, Ceratobuliminidae, Gypsinidae, Nonionidae)*

Bilamellidea (che comprende *Planorbulinidae, Discorbidae, Cibicididae,* le Orbitoidi, i Foraminiferi planctonici ecc.)

Rotaliidea (che comprende *Calcarinidae, Miogypsinidae, Nummuli̱tidae, Elphidiidae, Rotaliidae* ecc.)

Tutti questi Foraminiferi presentano un guscio calcareo perfo̱rato di tipo lamellare calcitico o aragonitico, che si accresce nel modo indicato a pag. 236 (fig. 155). Nei Monolamellidea la lamella è siṉgola, nei Bilamellidea invece si distingue una lamella esterna ed una interna. Le Rotaliidea hanno parete semplice e sono caratterizzate da un sistema di canali.

Nelle pagine seguenti descriveremo prima le famiglie ed i generi che rientrano nelle Monolamellidea di **Reiss** *(Nonionidae, Ceratobuliminidae, Epistominidae, Robertinidae)*, poi gli altri senza però distinguerli fra le due superfamiglie, che non tutti riconoscono.

Nonionidae

Guscio tipicamente planispirale, più o meno involuto; nelle forme adulte di pochi generi l'avvolgimento diventa trocospirale, ed anche svolto; parete calcarea, finemente perforata; apertura semplice o cribrata; le aperture semplici sono disposte alla base della faccia di apertura.

Nonion (fig. 251): guscio libero, planispirale, più o meno involuto, con simmetria bilaterale; la periferia può essere arrotondata o subacuta; camere numerose; pareti calcaree, finemente o grossolanamente perforate; apertura semplice, bassa e arcuata, alla base della faccia di apertura.

Nonionella (fig. 251): simile a *Nonion*, se ne distingue per l'avvolgimento a spirale debolmente rialzata; il lato dorsale è solo parzialmeṉte involuto, mentre quello ventrale lo è completamente. Le camere so̱no inequilaterali nell'adulto, e sviluppano un lobo allungato in direzione dell'ombelico, che resta coperto; anche l'apertura non è simme̱

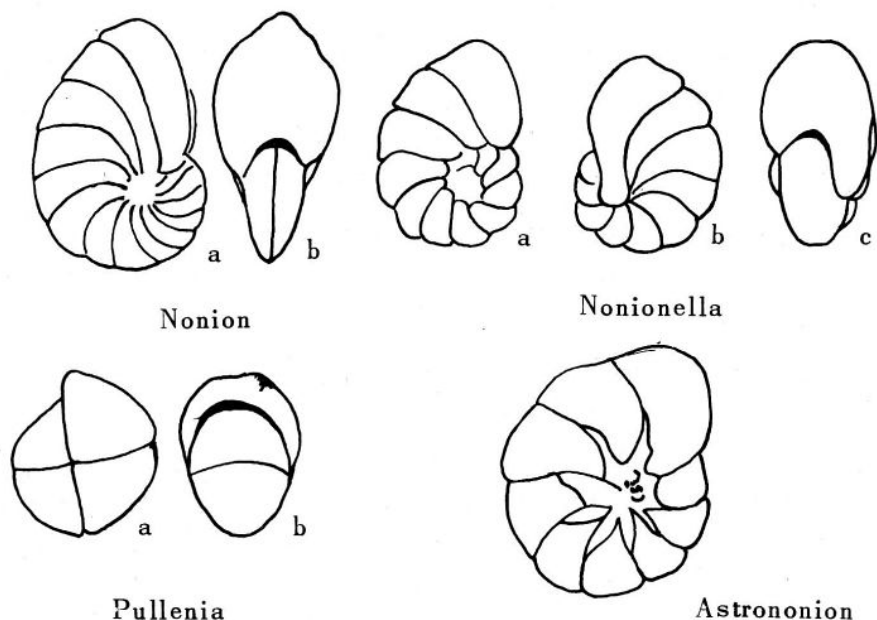



Fig. 251 - Generi rappresentativi della famiglia *Nonionidae.*

trica, estendendosi maggiormente sul lato ventrale.

Astrononion (fig. 251): guscio planispirale involuto simile a *Nonion:* se ne distingue per la presenza, nell'area ombelicale, di piccole camerette di forma romboidale o tubolare, sviluppate in corrispondenza delle suture: esse danno luogo a una forma stellata caratteristica. Dal l'Oligocene al Recente.

Pullenia (fig. 251): guscio planispirale involuto, strettamente avvolto; apertura allungata, alla base dell'ultima camera. Dal Cretaceo al Recente.

Questo genere, che era riferito da **Cushman** alle Chilostomellidae, è rappresentato a volte da forme globose che alcuni autori considerano pelagiche.

Ceratobuliminidae

Guscio trocospirale; camere divise in parte da una parete interna trasversale (**piastra dentale** nel significato di **Hofker**). In questa parete trasversale si forma, per riassorbimento in ogni parete divisoria fra le camere, un foramen (deuteroforamen di **Hofker**) attraverso il quale le camere sono in comunicazione una con l'altra. Bocca esterna basale. Parete costituita da aragonite, formata da numerosi strati, finemente perforata. Ricordo il genere *Ceratobulimina* (fig. 252): guscio trocospirale, con ombelico stretto e profondo; le pareti sono molto lisce e lucide; l'apertura è lunga e stretta e si estende nell'ombelico. In certe forme adulte la bocca è ricoperta da una piastra convessa (vedi fig. 253). Dal Cretaceo al Recente.

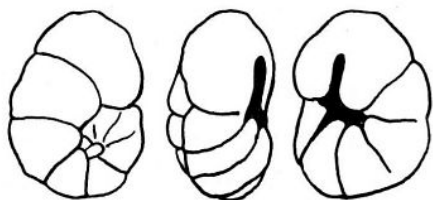



Fig. 252 - *Ceratobulimina contraria* (Reuss).

Questa famiglia, assai ristretta, si distingue dalla precedente soprattutto per la presenza di aperture supplementari lateromarginali.

Epistominidae

Il genere *Epistomina* (fig. 254) è lenticolare, biconvesso, con area ombelicale generalmente chiusa. Vi è una apertura suturale alla

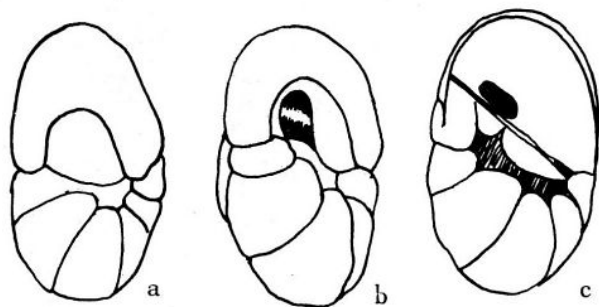
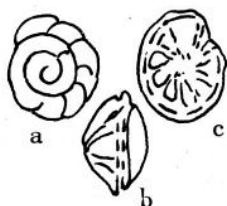



Fig. 253 - *Ceratobulimina bauerii* (d'Orbigny). a = esemplare con piastra sull'apertura; b = esemplare con la parete frontale rotta; c = esemplare con l'ultima camera rotta e foramen visibile. Da *Pokorny* 1958.

Fig. 254 - gen. *Episto mina*, x 50 c. Da *Sigal*, in *Piveteau* 1952.

base dell'ultima camera, e apertura supplementari a fessura allungata lungo il margine esterno.

Robertinidae

Questa famiglia è basata sul genere *Robertina*.

La diagnosi del genere corrisponde a quella della famiglia. Guscio trocospirale allungato, con parete finemente porosa costituita da aragonite. Ogni camera è completamente divisa da una partizione trasversale in due parti, una più grande (superiore) ed una più piccola (inferiore). L'apertura è una sottile fessura immediatamente al di sopra della sutura formata dalla partizione, e conduce nella camera più grande. All'estremità interna dell'apertura una grande piega chiusa, formata dal setto, si estende in direzione assiale dalla base dell'ultima camera più grande nella faccia di apertura. Quando vengono aggiunte nuove camere in seguito all'accrescimento, le pareti della piega vengono riassorbite e si forma così il foramen.

Il genere *Robertina* (fig.255) è stato ritrovato dall'Eocene al Recente.

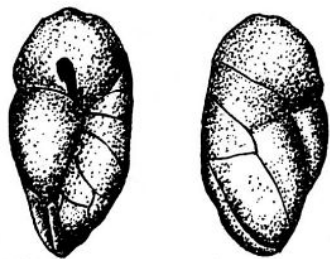



Fig. 255 - *Robertina arctica* d'Orbigny, x 55. Da *Pokorny* 1958.

Discorbidae

Guscio libero o attaccato, concamerato, di regola trocospirale, ma a volte svolto o irregolare nelle forme attaccate. La parete, nel genere tipico, è costruita radialmente. Apertura originariamente allungata e arcuata, alla base dell'ultima camera; in seguito all' evoluzione la posizione e la forma dell'apertura possono venire modificate in vario modo. Mancano i pilastri e il sistema di

canali.

La famiglia delle Discorbidae intesa nel senso sopra descritto comprende le forme più primitive fra le Rotaliidea. In essa sono inclusi generi che - secondo la classificazione di **Cushman** - rientravano in parte nella famiglia delle Rotaliidae, in parte nelle Anomalinidae.

Nelle classificazioni di **Reiss** (1963) e di **Loeblich** e **Tappan** (1961) questa famiglia è smembrata in diverse altre.

Discorbis (fig. 256 a): guscio tipicamente piano-convesso, con lato ombelicale appiattito o concavo; nella forma microsferica a volte si nota una seconda camera simile a quella tubolare di *Spirillina;* spesso si notano camere supplementari nell'area ombelicale; apertura situata alla base del margine ombelicale, sul lato ventrale.

Gyroidina (fig. 256 b): guscio trocoide, generalmente piano-convesso, con lato spirale appiattito e lato ombelicale convesso, strettamente ombelicato; apertura bassa e arcuata, spostata verso l'ombelico.

Stensiöina (fig. 256 c): guscio trocoide, simile in complesso a *Gyroidina:* le suture sul lato spirale sono sempre rialzate ed ornate, mentre sul lato ombelicale sono depresse. Apertura allungata, alla base dell'ultima camera, sul lato ombelicale. Genere interessante stratigraficamente, essendo limitato al Cretaceo.

Eponides (fig. 256 d): guscio trocoide, generalmente biconvesso, con area ombelicale generalmente chiusa da un umbone; l'apertura, bassa e allungata, si trova fra l'ombelico e la periferia.

Siphonina (fig. 256 e): guscio trocoide, biconvesso, con la regione ombelicale tipicamente chiusa; parete calcarea grossolanamente perforata; apertura ellittica, ombelicale, allungata parallelamente alla periferia.

Anomalina (fig. 256 f): conchiglia trocoide nello stadio giovanile, poi quasi planispirale; le camere sono spesso quasi involute sia ventral-

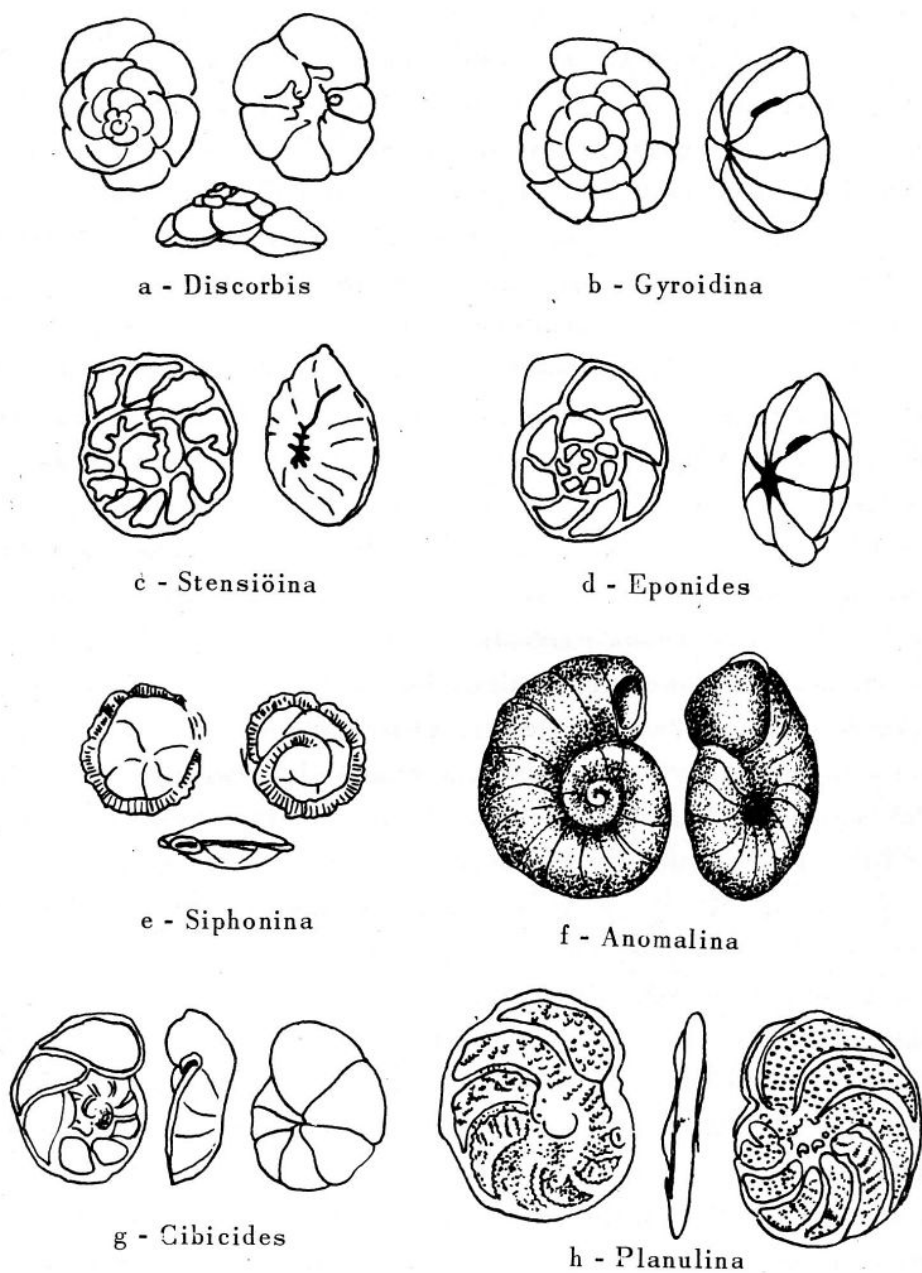



Fig. 256 - Generi rappresentativi delle *Discorbidae.*

mente che dorsalmente; l'apertura è ombelicale negli esemplari giova-
ni, poi tende a diventare periferica, alla base dell'ultima camera; a vol
te si nota un bottone di materiale trasparente sopra all'area ombelica-
le.
Cibicides (fig. 256 g): guscio piano-convesso, con avvolgimento tro-
coide, spesso attaccato mediante il lato dorsale appiattito; apertura pe
riferica, alla base dell'ultima camera, estendentesi sia verso il lato
ombelicale, sia tipicamente verso il lato spirale.
Planulina (fig. 256 h): conchiglia inizialmente trocoide, poi con avvol-
gimento planispirale; forma appiattita, con simmetria bilaterale accen-
tuata specialmente nelle forme megalosferiche (nella microsfera l'a-
rea centrale è rialzata sul lato spirale), evoluta da entrambi i lati; a-
pertura bassa e arcuata, alla base dell'ultima camera.

Planorbulinidae

Guscio trocospirale, per lo meno nello stadio giovanile della
forma microsferica, generalmente attaccato dal lato spirale. Nello sta
dio adulto a volte ritorna libero. Nello stadio finale le camere sono di
sposte in serie anulari o da ogni lato, così da formare un guscio irre-
golare o globoso. Apertura semplice o multipla o consistente in grossi
pori.

Il genere più primitivo, *Planorbulina*, è trocospirale nello sta-
dio giovanile, ed è attaccato dal lato spirale: le camere originarie han
no uno strato interno chitinoso. Viene posto nelle Planorbulinidae il
gen. *Linderina*, che secondo alcuni autori è considerato il punto di par-
tenza di una parte delle Orbitoidi.

Ricordiamo i generi:
Planorbulina (fig. 257) con stadio iniziale trocospirale; successiva-

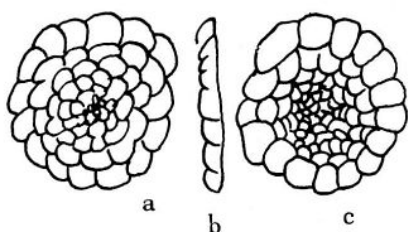



Fig. 257 - *Planorbulina mediterranensis* d'Orbigny, x 20.

mente le camere crescono irregolarmente in senso periferico e formano uno strato dal quale si sviluppano a volte delle camere laterali più piccole. Le aperture sono numerose, una per ogni camera. Genere terziario e recente.

Linderina (fig. 258) possiede un guscio costituito da un solo strato di camere. La parte iniziale della forma microsferica è avvolta a spirale. L'apparato embrionale della forma macrosferica consiste di due camere; le camere successive sono disposte in serie cicliche. Quelle dello stesso strato sono collegate

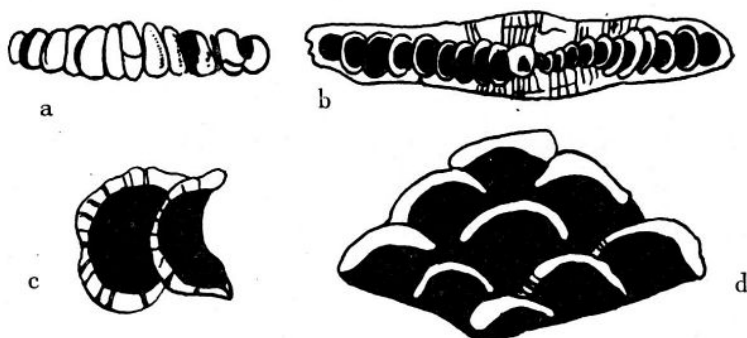



Fig. 258 - *Linderina brugesi* Schlumberger. a = veduta laterale; b = sezione assiale; c = idem ingrandita; d = sezione equatoriale. Da *Pokorny* 1958.

per mezzo di stoloni. Al di sopra e al di sotto dello strato di camere vi è una spessa parete calcarea attraversata da pori radiali. Questo genere è esclusivo dell'Eocene medio e superiore.

Foraminiferi planctonici (fam. *Globigerinidae, Globorotaliidae, Globotruncanidae, Hantkeninidae*)

I Foraminiferi planctonici rappresentano un gruppo estremamente interessante sia dal punto di vista stratigrafico, sia da quello ecologico. I primi si trovano nel Cretaceo inferiore (1) e già nel Cretaceo superiore i Foraminiferi planctonici sono sviluppatissimi. La loro evoluzione continua con grande rapidità attraverso il Terziario, facendone degli ottimi fossili.

Sono Foraminiferi bilamellari nel senso di **Reiss**. La loro sistematica è assai discussa poichè i vari autori non sono d'accordo sul valore gerarchico da attribuire ai vari caratteri tassonomici. Così ad esempio la presenza di bulle ombelicali, suturali o areali (vedi figg. 261 e 262) secondo alcuni rappresenta un carattere di valore generico o supragenerico, secondo altri non ne ha nemmeno uno specifico. Nelle figure 259-262 sono indicati i principali caratteri morfologici sui quali si basa la tassonomia di questo gruppo di Foraminiferi, che generalmente hanno dimensioni da medie a piccole (da 1/10 di millimetro a 1 millimetro).

La famiglia meno discussa è quella delle *Heterohelicidae*. Ma le forme legate direttamente o indirettamente alle Globigerine sono suddivise dai vari autori in tre o quattro famiglie, non sempre intese nel medesimo senso. **Banner** e **Blow** raggruppano tutte queste forme nella superfamiglia delle Globigerinacea, che è accettata anche da **Loeblich** e **Tappan**.

Senza entrare in dettaglio sui criteri seguiti dai vari specialisti nel distinguere le unità tassonomiche più elevate, tutte più o meno artificiali, ricordiamo alcuni generi particolarmente importanti dal punto di vista stratigrafico, o comuni, fra quelli appartenenti al gruppo di famiglie qui considerato:

(1) I ritrovamenti in terreni pre-cretacei sono dubbi.

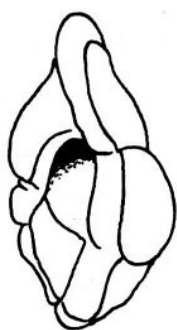
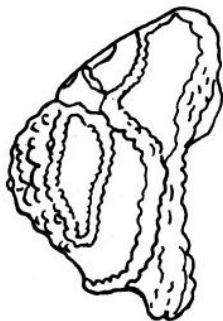
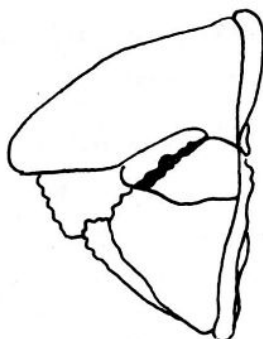
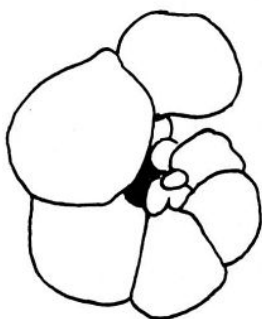
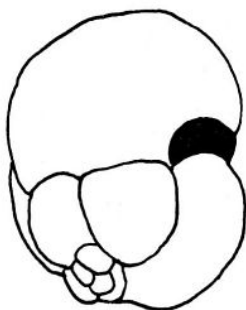
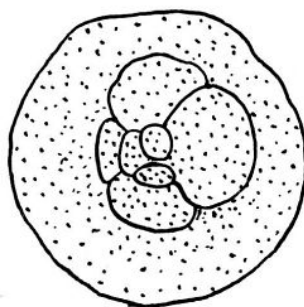



Fig. 259 - Forma del guscio nei Foraminiferi planctonici. Da *Bolli, Loeblich* e *Tappan* 1957.

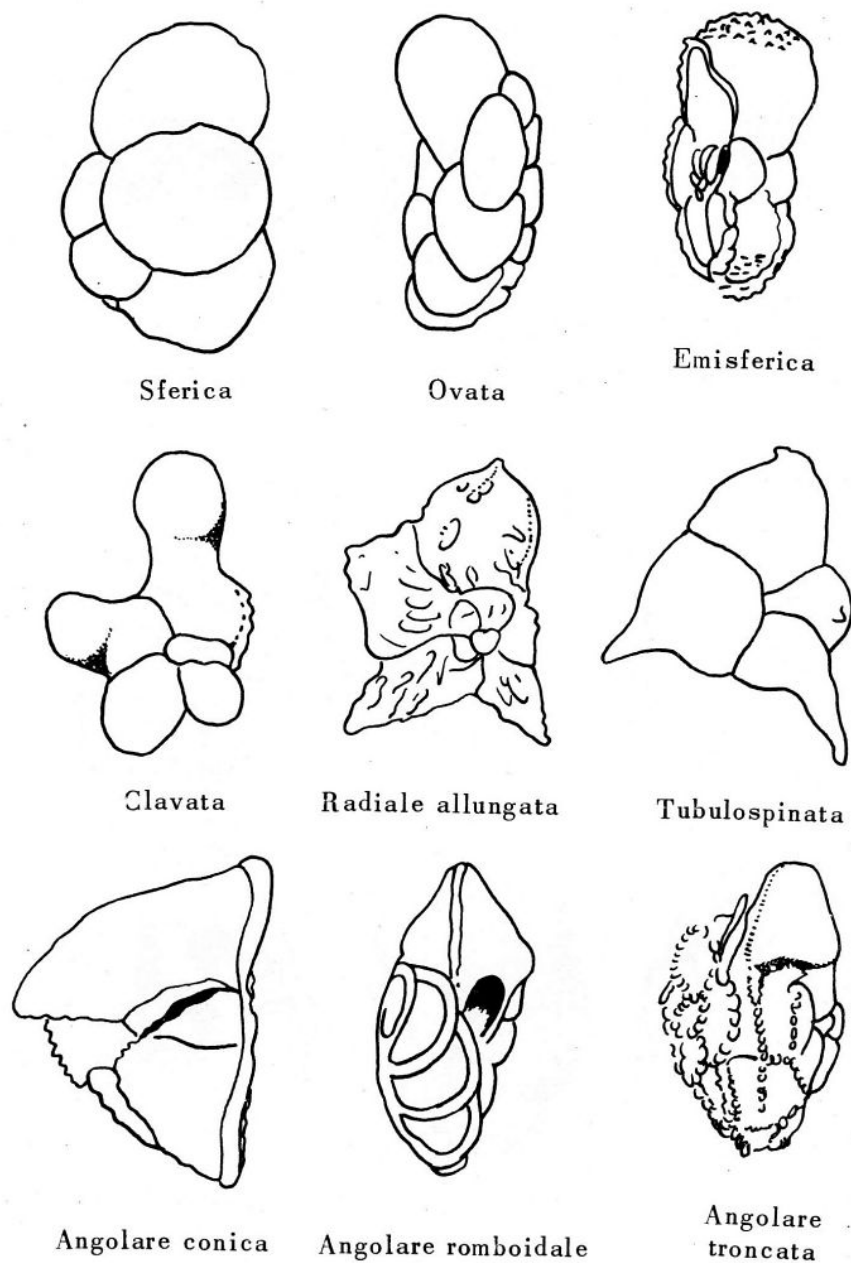



Fig. 260 - Forma delle camere nei Foraminiferi planctonici. Da *Bolli, Loeblich* e *Tappan* 1957.

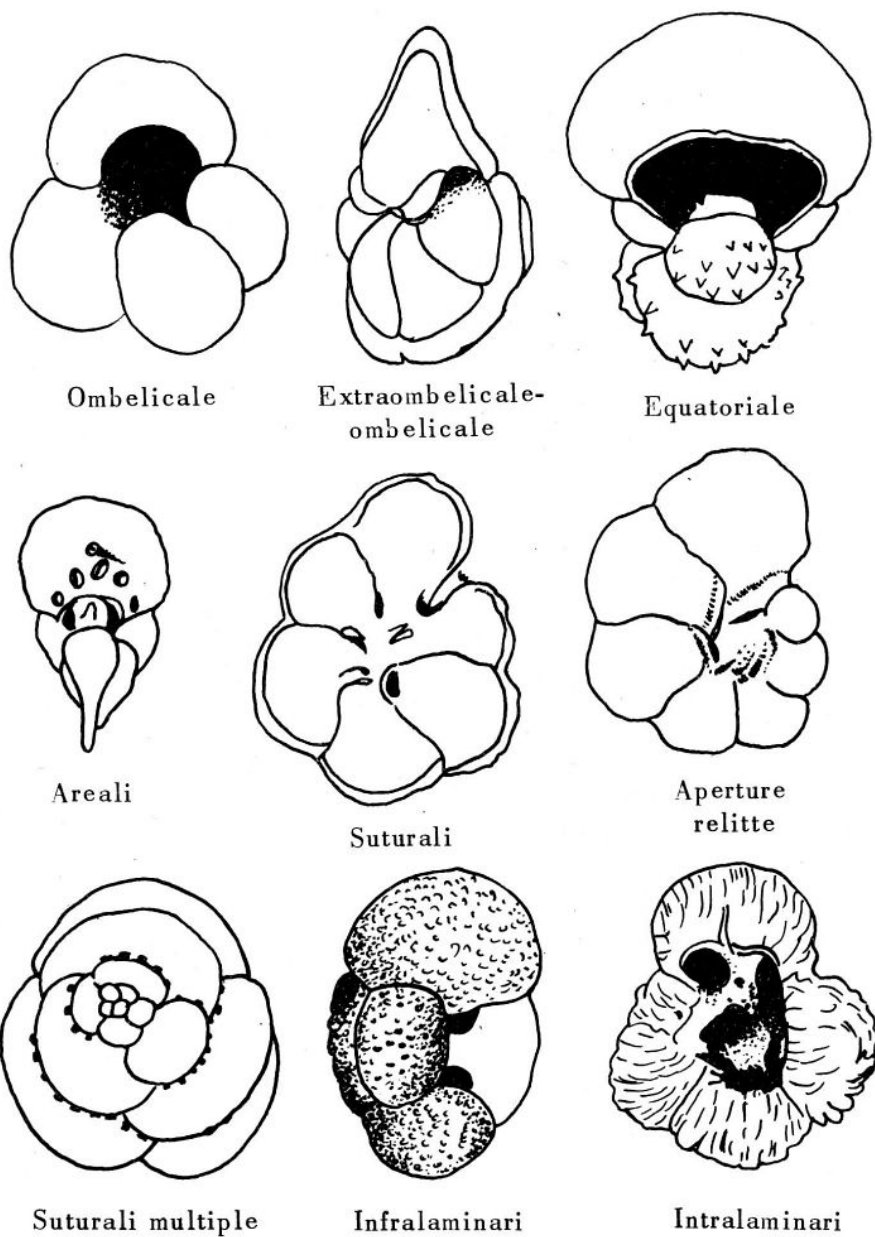



Fig. 261 - Tipi di aperture semplici, supplementari, multiple e accessorie nei Foraminiferi planctonici. Da *Bolli, Loeblich* e *Tappan* 1957.

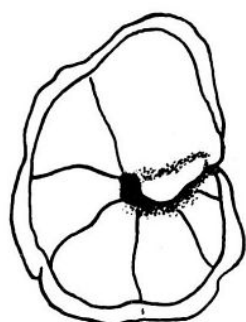
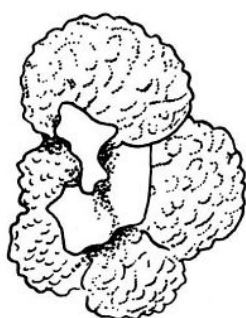
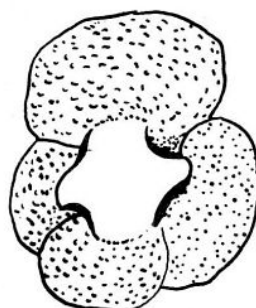
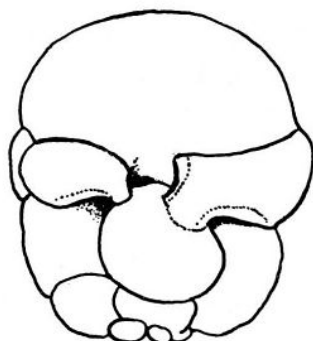
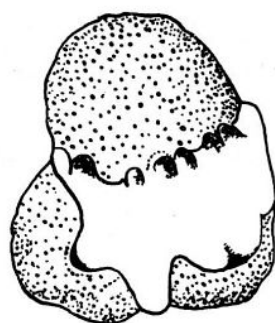



Fig. 262 - Modificazioni dell'apertura nei Foraminiferi planctonici. Da *Bolli, Loeblich* e *Tappan* 1957.

Schackoina (fig. 263): avvolgimento inizialmente trocoide, poi planispirale; le camere, piccole o globose, sono fornite di una spina periferica tubolare spesso molto più lunga della camera stessa dalla quale è portata; apertura bassa e arcuata, alla base dell'ultima camera. Cretaceo.

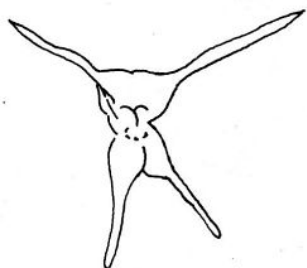



Fig. 263 - *Schackoina cenomana bicornios* Reichel, x 84.

Hantkenina (fig. 262 in alto in centro e fig. 260 in centro a destra): conchiglia completamente planispirale, strettamente ravvolta, generalmente involuta; le camere sono munite di una grossa spina periferica che si diparte dall'angolo anteriore; apertura mediana, situata nel mezzo della camera, arcuata, con un lobo basale da ogni lato. Eocene medio e superiore.

Cribrohantkenina (fig. 261, in centro a sinistra): simile al precedente, se ne distingue per la presenza di apertura cribrata, areale. Eocene superiore.

Hastigerina (= Globigerinella) (fig. 259, in centro e fig. 261 in alto a destra): conchiglia inizialmente trocoide, poi tipicamente planispirale; apertura mediana, piuttosto grande.

Clavigerinella (fig. 264 e fig. 260, in centro a sinistra) ha avvolgimento planispirale involuto, con contorno profondamente lobato; camere sferiche nello stadio giovanile, poi clavate; suture radiali e depresse; apertura interiomarginale, equatoriale, orlata lateralmente da flange che si restringono verso l'estremità superiore dell'apertura, dove si riuniscono formando un labbro. Eocene medio e superiore.

Globorotalia (fig. 265 e fig. 259, in alto a sinistra e a destra): conchiglia trocoide, biconvessa o piano-convessa; il lato spirale è più o meno appiattito; quello ombelicale è spesso fortemente convesso; ombelico stretto e profondo; la periferia può essere carenata come in *Globotruncana* (la carena è qui sempre semplice), angolosa o arrotondata; il

guscio è perforato e spesso spinoso su tutta la superficie o in porzioni limitate. L'apertura è ombelicale-extraombelicale. Dal Paleocene al Recente.

Fig. 264 - *Clavigerinella akersi.* Bolli, Loeblich e Tappan, x 65.

Rotalipora (fig. 266): avvolgimento trocoide; forma del guscio biconvessa, spesso piuttosto appiattita; carena semplice e non mai dicotomica (vedi fig. 267); apertura principale ombelicale-extraombelicale; aperture supplementari suturali, sempre sul lato ombelicale. Albiano-Cenomaniano.

Praeglobotruncana (fig. 268): simile a *Rotalipora,* se ne distingue per la mancanza di aperture supplementari. Apertura extraombelicale. Carena sempre unica, e spesso incompletamente sviluppata. Albiano-Turoniano.

Fig. 265 - *Globorotalia velascoensis* (Cushman), x 60.

Globotruncana (fig. 259 in alto in centro e fig. 260 a destra, in alto e in basso): conchiglia con avvolgimento trocoide, spesso compressa, coi lati spirale e ombelicale appiattiti o convessi; le camere sono generalmente globose, separate da suture rilevate, limbate o anche depresse; periferia troncata, generalmente con due carene (dorsale e ventrale) separate da una fascia (vedi fig. 269); la carena può essere anche semplice, ma è sempre presente. Le aperture primarie si aprono sul lato ventrale, che ha un ombelico largo e profondo parzialmente coperto da tegille (vedi anche figura 174). Dal Turoniano al Maastrichtiano.

Fig. 266 - *Rotalipora turonica* Brotzen, x 85.

Rugoglobigerina (figg. 261 in basso a destra e 262 in centro). Forma e avvolgimento simile a *Globigerina*. Superficie ornata da tubercoli o corte costole in rilievo. Tegilla e aperture intralaminari nell'ombelico co-

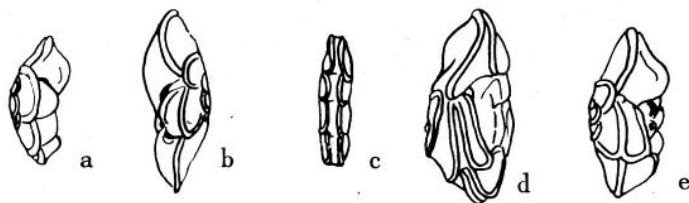



Fig. 267 - Vedute laterali di esemplari di *Rotalipora* (a,b) e di *Globotruncana* (c-e). Nelle forme unicarenate di *Globotruncana* (e) la carena si dicotomizza, mentre questo non si verifica mai nel genere unicarenato *Rotalipora*. Da *Cita* 1963. a = *Rotalipora ticinensis* (Gandolfi); b = *Rotalipora appenninica* (Renz); c = *Globotruncana lapparenti* (Brotzen); d = *Globotruncana fornicata* (Plummer); e = *Globotruncana stuarti* (De Lapparent).

me in *Globotruncana*. Dal Senoniano al Maastrichtiano.

Globigerina (fig. 270 e fig. 261, a sinistra in alto): guscio ad avvolgimento trocopsirale, costituito da camere globose separate da suture depresse; la parete delle camere è grossolanamente porosa, con superficie cancellata e spine sottilissime che rivestono la conchiglia; aper-

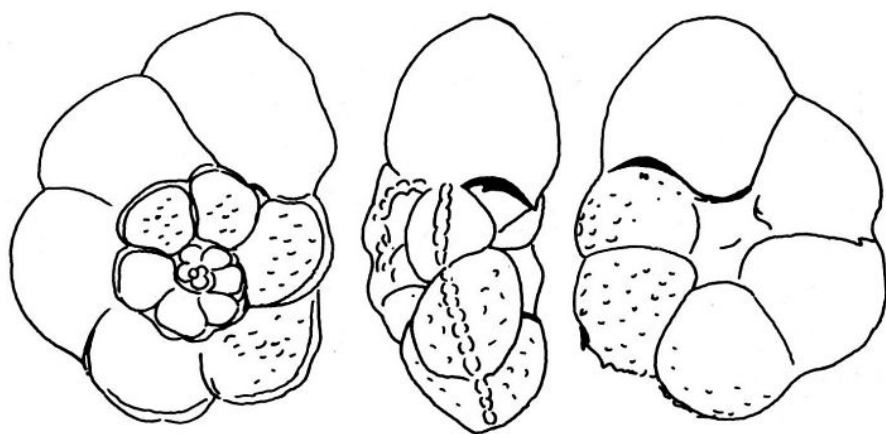



Fig. 268 - *Praeglobotruncana delrioensis* (Plummer), x 145.

tura grande, verso l'ombelico. Genere terziario e attuale.

Globoquadrina (fig. 271 e 262 in alto a destra) ha avvolgimento trocospirale, con periferia arrotondata o più spesso troncata; camere da sfe

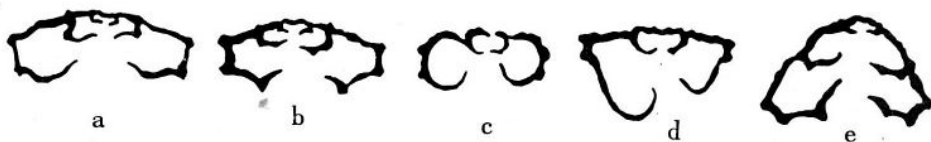



Fig. 269 - Sezioni assiali di Globotruncane bicarenate, dal profilo caratteristico. Da *Bolli* 1951. a = *Globotruncana lapparenti lapparenti* Brotzen ; b = *Globotruncana lapparenti tricarinata* (Quereau); c = *Globotruncana globigerinoides* Brotzen ; d = *Globotruncana ventricosa* White ; e = *Globotruncana contusa* (Cushman).

riche a subangolari, troncate; apertura interiomarginale, ombelicale, coperta da un'aletta di apertura che può variare da uno stretto orlo a una proiezione dentata e allungata. Genere tipicamente miocenico, benchè in America si ritrovi anche in terreni più antichi.

Globigerinoides (fig. 272): guscio simile a *Globigerina;* se ne distingue per la presenza di aperture supplementari, oltre a quella ombeli-

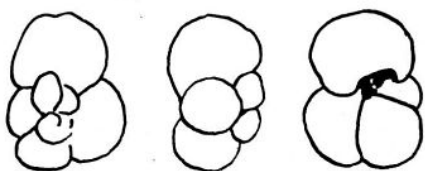



Fig. 270 - *Globigerina bulloides* d'Orbigny, x 30.

cale, che sono disposte lungo le suture fra le camere. Genere terziario e recente.

Sphaeroidinella (fig. 273): avvolgimento iniziale simile a *Globigerina*; nello stadio adulto si hanno poche camere (due o tre) molto abbraccianti, con superficie cancellata a maglie larghe; le camere sono poco separate; lungo i margini si sviluppano delle specie di carene crenulate; apertura grande, situata nella profonda cavità fra le camere. Vi

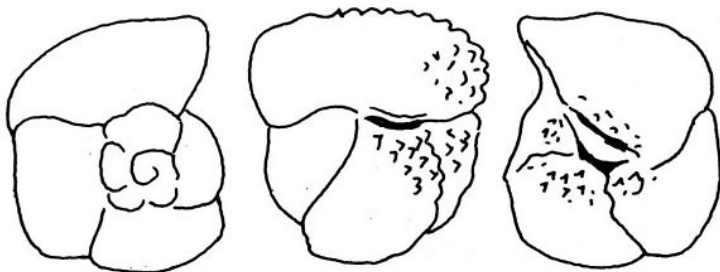



Fig. 271 - *Globoquadrina dehiscens* (Chapman, Parr e Collins), x 50 c.

vente dal Miocene.

Orbulina (fig. 259, a destra in basso): la conchiglia inizialmente ha un avvolgimento come *Globigerina;* poi si sviluppa una camera globulare di grandi dimensioni, che ingloba completamente le precedenti, le quali possono anche venire riassorbite; il guscio calcareo è a volte formato da strati successivi. I pori sono di varie dimensioni, anche molto grandi, mentre non si distinguono vere e proprie aperture. Questo, che è il genere più specializzato delle Globigerinidae, appare in Italia solamente nel Miocene, ed è diffusissimo del Neogene e nel Quaternario.

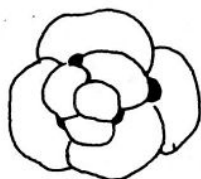



Fig. 272 - *Globigerinoides adriatica* Fornasini, x 47.

Catapsydrax (fig. 274) ha avvolgimento trocospirale, con camere da sferiche ad ovate; suture depresse, radiali; apertura primaria interiomarginale, ombelicale, ricoperta nello stadio finale da una bulla ombelicale che porta una o più aperture infralaminari accessorie. Questo genere va dall'Eocene superiore al Miocene inferiore.

Fig.273 - *Sphaeroidinella dehiscens* (Parker e Jones), x 20.

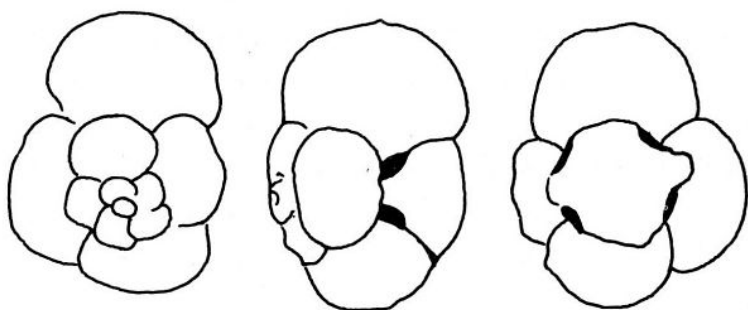



Fig. 274 - *Catapsydrax dissimilis* Cushman e Bermudez.

Heterohelicidae

Guscio planispirale nello stadio giovanile delle forme più primitive, poi biseriale; nei generi più specializzati gli stadi planispirale e biseriale sono molto ridotti o mancano del tutto.

Guscio calcareo perforato, con ornamentazione simmetrica bilateralmente nei generi specializzati; apertura semplice di dimensioni relativamente grandi, senza denti, ma fornita a volte di un collo e di un labbro.

Le Heterohelicidae comprendono numerose forme di grande importanza stratigrafica, specialmente per il Cretaceo superiore dove questa famiglia era particolarmente ben rappresentata.

Heterohelix (= Gümbelina auctorum*)* (fig. 275): guscio con le prime

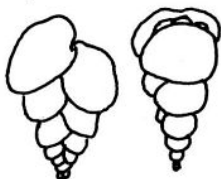



Fig. 275 - *Heterohelix reussi* (Cushman), x 50.

Fig. 276 - *Planoglobulina glabrata* (Cushman).

camere avvolte secondo una spirale piana, almeno nella forma microsferica, poi biseriale; parete calcarea perforata; apertura grande, arcuata, al margine interno dell'ultima camera.

Planoglobulina (=Ventilabrella auctorum*)* (fig. 276): guscio simile a *Heterohelix* negli stadi giovanili, poi caratterizzato da una disposizione delle camere a ventaglio; l'apertura, semplice nello stadio biseriale, diviene multipla (una per ogni camera) nelle forme adulte. Cretaceo superiore.

Amphisteginidae

Guscio di dimensioni in media abbastanza notevoli, lenticolare, con avvolgimento trocospirale involuto ventralmente e a volte da entrambi i lati. Sul lato ombelicale vi sono camere secondarie, che alternano con quelle principali, sono rombiche e conferiscono un aspetto stellato al guscio. Apertura ombelicale-extraombelicale, suturale. Dal Cretaceo al Recente.

Ricordo il genere *Amphistegina* (fig. 277) che presenta dimensioni di parecchi millimetri, ha camere ventrali molto sviluppate e lo ombelico coperto da un bottone, anche sul lato spirale.

Secondo **Brönnimann** le camere stellari non comunicano direttamente l'una con l'altra, ma ciascuna è collegata con la camera dorsale per mezzo di un'apertura. Senoniano; dal Paleocene al Recente.

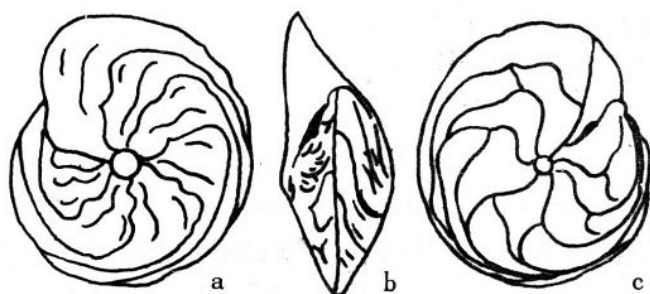



Fig. 277 - *Amphistegina lessonii* d'Orbigny. Da *Pokorny* 1958.

Elphidiidae

Guscio trocospirale o planispirale, nell'ultimo caso involuto. Le forme planispirali possono essere svolte nello stadio finale. Parete calcarea, con struttura radiale, formata da numerosi strati. Il sistema di canali è costituito da due canali spirali, che sono collegati attraverso archi intersettali (vedi fig. 175). Le suture fra le camere sono caratterizzate da processi retrali, che formano una specie di ponte fra una camera e l' altra. Dal Maastrichtiano al Recente.

Ricordo i generi *Elphidium* (fig. 278) che presenta tutti i caratteri sopradescritti, ha avvolgimento planispirale involuto ed ha una bocca semplice, alla base dell'ultima camera, oppure consistente in una fila di aperture rotonde.

Fig. 278 - *Elphidium macellum.* (Fichtel e Moll), x 50.

Fig. 279 - *Cribroelphidium vadescens* Cushman e Brönnimann, x 45.

Cribroelphidium (fig. 279) che si distingue dal precedente per avere apertura cribrata.

Rotaliidae

Guscio trocospirale; parete calcarea con struttura radiale, perforata, formata da numerosi strati nella parte primitiva della conchiglia.

Le lamine successive sopra alle prime camere possono essere imperforate. Vi è un sistema di canali diversamente sviluppato. Ombelico con pilastri o con un bottone ombelicale che però non è mai compatto, ma che è interessato da spaccature o cavità. L'apertura consiste in una fessura alla base dell'ultima camera, in vicinanza dell'ombelico.

Le *Rotaliidae* sono molto verosimilmente derivate dalle *Discorbidae*. Esse sono strettamente imparentate con le *Miscellaneidae* e le *Calcarinidae*. Ricordo i generi:

Rotalia (fig. 280, II): come mostrato nello schema, le caratteristiche peculiari di questo genere si trovano nel lato ombelicale. La cavità è riempita da numerosi pilastri sovrapposti, mentre granulazioni grossolane ricoprono le pareti delle camere rivolte verso l'ombelico.

Ammonia (fig. 280, I) si differenzia da *Rotalia* per avere fenditure ven

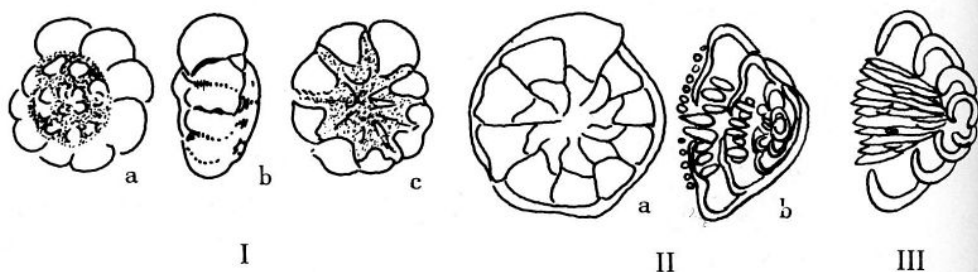



Fig. 280 - Generi rappresentativi della fam. *Rotaliidae:* I = *Ammonia;* II = *Rotalia;* III = *Lockhartia.* Da *Sigal* in *Piveteau*, 1952.

trali aperte e per la mancanza del canale ombelicale. Appartiene a questo genere la famosa *Ammonia beccarii*, che è nota sotto diversi nomi generici, considerati in parte sinonimi.

Lockhartia (fig. 280, III) è simile a *Rotalia*, dalla quale si differenzia per la struttura ombelicale. I pilastri ombelicali, meno numerosi che in *Rotalia*, sono distinti e continui dal fondo dell'ombelico fino all'esterno. Dal Cretaceo superiore all'Eocene inferiore.

Fig. 281 - Sezioni equatoriali (a,b) ed assiale (c) di *Siderolites calcitrapoides*. Da *Moret* 1958.

Calcarinidae (= *Baculogypsinidae* auctorum)

Guscio trocospirale o planispirale, per lo meno nella forma giovanile. I due lati spirale o ombelicale non sono differenziati. Nei generi più progrediti lo stadio spiralato è abbreviato, ed è seguito dalla formazione di piccole camere che conferiscono forma globosa al guscio. Parete calcarea, con struttura radiale per lo più molto spessa. I setti sono doppi. Si trovano pilastri e grosse spine periferiche; il sistema di canali è diffuso e si fonde con le perforazioni. Dal Cretaceo al Recente.

Fig. 282 - gen. *Baculogypsina*. Da *Pokorny* 1958.

Questi caratteri si osservano nei generi illustrati: *Siderolites* (fig. 281) esclusivo del Cretaceo superiore e *Baculogypsina* (fig. 282) del Terziario e Recente.

Miscellaneidae (=Pellatispiridae auctorum*)*

Guscio planispirale o trocoide. Parete calcarea, con struttura radiale, formata da molti strati nella parte primitiva del guscio. I setti sono doppi. Il sistema di canali è molto sviluppato, con canali subsuturali e intersettali. Mancano il cordone marginale e le spine.

Con l'espressione «**cordone marginale**» si intende (secondo **Smout**) la regione periferica dei giri, che è interessata da un sistema di canali ramificati. La struttura radiale è molto più marcata nel cordone marginale che nelle altre parti della parete, mentre mancano le normali perforazioni. Il cordone marginale può essere più spesso o più sottile del resto delle pareti. Altri autori intendono lo stesso termine in senso più ampio, intendendo la parte periferica ispessita, anche se non risulta attraversata da un sistema di canali.

Le *Miscellaneidae* comprendono Foraminiferi di grandi dimensioni e di notevole valore stratigrafico, specialmente nel Cretaceo superiore e nel Paleocene. Questa famiglia occupa una posizione intermedia fra le *Calcarinidae*, dalle quali si differenzia per la mancanza di spine periferiche, e le *Nummulitidae*, dalle quali è distinta per la mancanza del cordone marginale e per avere un avvolgimento inizialmente trocospirale.

Ricordo i generi *Miscellanea*, considerata come antenata delle Nummuliti. Forma lenticolare, con avvolgimento planispirale involuto (trocoide nello stadio iniziale). Il guscio è formato da numerose lamelle, di cui la prima o le prime due sono perforate. Quelle successive formano una parete reticolata attraversata da pilastri. Vi sono canali intersettali. L'apertura consiste di pochi piccoli pori, ma vi sono foramina interni dovuti al riassorbimento della parte basale della parete fra le camere. Dal Cretaceo superiore all'Eocene inferiore.

Pseudosiderolites (fig. 283). Guscio da lenticolare a biconico, con av

volgimento planispirale. Canali radiali abbondanti. Mancano le spine, il cordone marginale o altre differenziazioni marginali. Cretaceo superiore. Il genere *Pseudosiderolites*, istituito da **Smout** nel 1955, comprende alcune specie descritte originariamente come *Siderolites* (per esempio *S. vidali*, *S. heracleae)* che non possiedono spine periferiche.

Fig. 283 - *Pseudosiderolites herachleae,* schema. Da *Sigal* in *Piveteau* 1952.

Alcuni autori attribuiscono a questa famiglia anche *Pellatispira,* che generalmente è riferita alle Nummulitidae.

Nummulitidae

La famiglia delle *Nummulitidae* comprende forme di grandissimo valore stratigrafico, che si sono sviluppate specialmente nel Terziario antico, con una evoluzione rapidissima, tanto da farne degli ottimi fossili-guida. Tutti i rappresentanti di questa famiglia sono dei grandi Foraminiferi nel vero senso della parola: sono forme lenticolari o discoidali, con simmetria bilaterale, formate dall' avvolgimento della lama spirale intorno ad un asse. Contrariamente alle *Fusulinidae* e

alle *Alveolinidae*, le *Nummulitidae* sono appiattite nella direzione del l'asse di avvolgimento.

Il genere più importante appartenente a questa famiglia è *Nummulites (= Camerina)* che è diffuso dal Paleocene superiore all'Oligocene. Le Nummuliti possono essere appiattite o rigonfie, e le loro dimensioni possono variare da pochi millimetri a parecchi centimetri (7 o 8): le Nummuliti più grandi si trovano nell' Eocene medio; piccole sono quelle dell' Eocene superiore e dell'Oligocene.

La **muraglia**, o **lama spirale**, è formata da uno strato calcareo perforato, spesso, seguito internamente da un sottile strato calcareo imperforato **(endoscheletro)**. Vi è un **sistema di canali** che percorrono lo strato esterno: essi sono molto sottili e irregolarmente anastomizzati. Lo strato calcareo perforato si ispessisce lungo il margine esterno, dando luogo al cordone marginale, che è percorso da canali paralleli alla laminazione del guscio (vedi pag. 263).

I setti sono formati dallo strato calcareo imperforato che si inflette periodicamente dall' alto verso il basso, formando le camere (v. fig. 284). L'inclinazione dei setti, la loro frequenza e la forma delle camere variano secondo la specie.

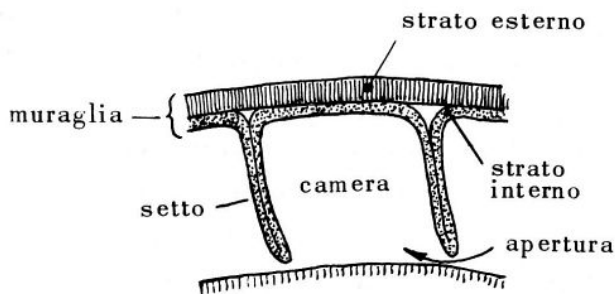



Fig. 284 - Struttura del guscio di una Nummulite vista in sezione equatoriale schematica. Da *Moret* 1958.

Ogni setto porta nella sua parte inferiore una piccola apertura rotonda (foramen), e si inserisce nelle pareti delle camere per mezzo di piccole denticolazioni dette **trabecole trasverse.** Queste ultime strutture sono interpretate da **Reiss** (1963) come facenti parte del « canal system » (vedi pag. 263). I setti si prolungano sui fianchi delle camere coi **filetti settali,** il cui andamento è caratteristico nelle varie specie: si distinguono filetti radiali, ondulati, sigmoidali, meandrifor-

Fig. 285 - Tipi di filetti settali. A = radiali; B = ondulati; C = a vortice; D = a meandri; E = reticolati. Da *Moret* 1958.

mi, reticolati (vedi fig. 285). Vi sono poi dei **pilastri** calcarei imperforati, a forma di chiodi, che penetrano profondamente nel guscio delle Nummuliti, in senso perpendicolare alla superficie esterna. I pilastri sono imperforati e appaiono chiari in sezione sottile come lo strato interno del guscio (endoscheletro), al contrario dello strato esterno che appare grigiastro. Non tutte le Nummuliti possiedono dei pilastri, la cui funzione è di consolidare e rinforzare il guscio. Quando sono presenti, essi appaiono alla superficie come granulazioni (Nummuliti granulose). I pilastri possono essere disposti in modo diverso rispetto ai filetti settali (vedi fig. 286); questo rappresenta un altro carattere diagnostico delle Nummuliti.

Il fenomeno del **dimorfismo** è molto accentuato nelle Nummuliti. Nella maggior parte delle specie si conoscono le due forme A e B, che generalmente possiedono nomi specifici diversi, come ad esempio le coppie *Nummulites elegans* (forma B) - *N. planulatus* (forma A); *Nummulites laevigatus* (forma B) - *N. lamarcki* (forma A); *Nummulites inter*

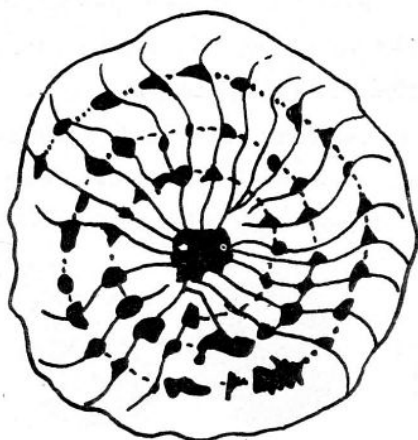
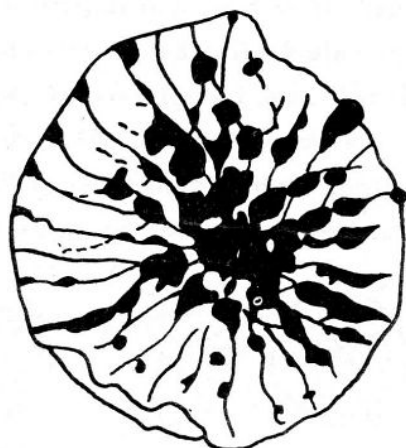
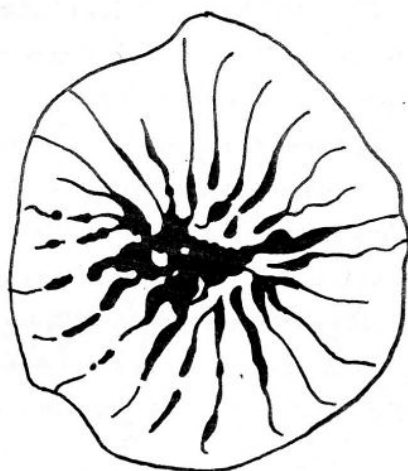



Fig. 286 - Ordinamento delle granulazioni nei gruppi di *Nummulites partschi, N. burdigalensis* e *N.pustulosus*. Da *Schaub* 1951.

medius (forma B) - *N. fichteli* (forma A).

Per studiare e descrivere le Nummuliti, occorre osservare tanto i caratteri esterni, quanto quelli interni. Esternamente vanno osservate le dimensioni e la forma del guscio, l'aspetto della superficie (liscia o granulosa), l'andamento dei filetti settali (radiali, ondulati ecc.), la disposizione dei pilastri rispetto ai filetti settali ecc. Questi ultimi caratteri vengono meglio osservati sulle Nummuliti decorticate (fig. 286).

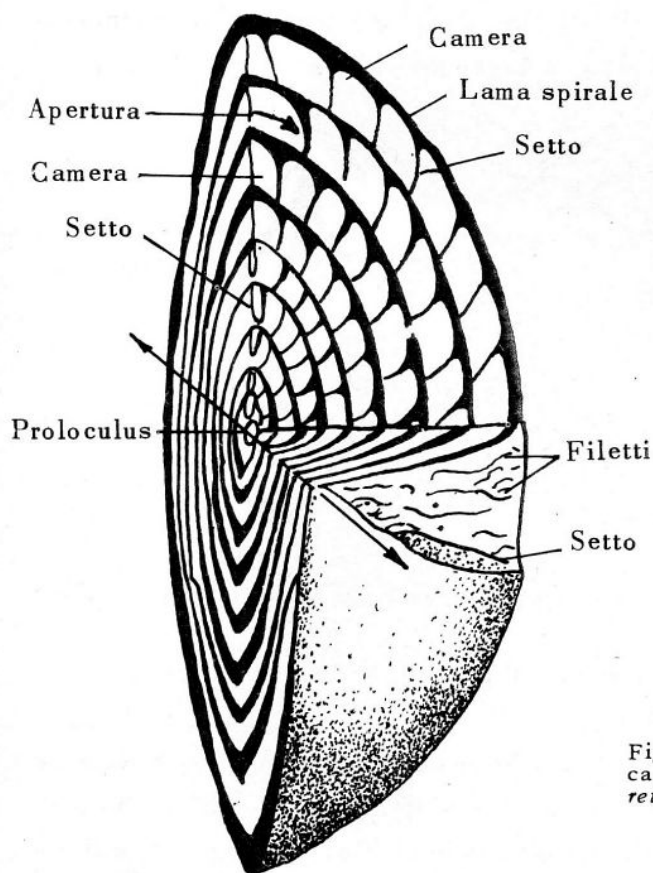



Fig. 287 - Sezione schematica di una Nummulite. Da *Moret* 1958, modificato.

Per osservare i caratteri interni occorrono le sezioni orientate equatoriale ed assiale (fig. 287). Nella sezione equatoriale vengono esaminate la loggia iniziale (micro - o megasfera), il passo della spira, la disposizione e l'inclinazione dei setti. La sezione assiale metterà invece in evidenza l'andamento del cordone marginale, la sezione dei setti e dei pilastri.

Fra i generi appartenenti a questa famiglia, ricordiamo:

Nummulites (fig. 288). E' il più importante di tutti e corrisponde alle caratteristiche più sopra indicate. I suoi rapporti coi generi *Assilina* ed *Operculina*, per quel che riguarda l' avvolgimento e l'andamento dei giri, sono indicati nello schema seguente.

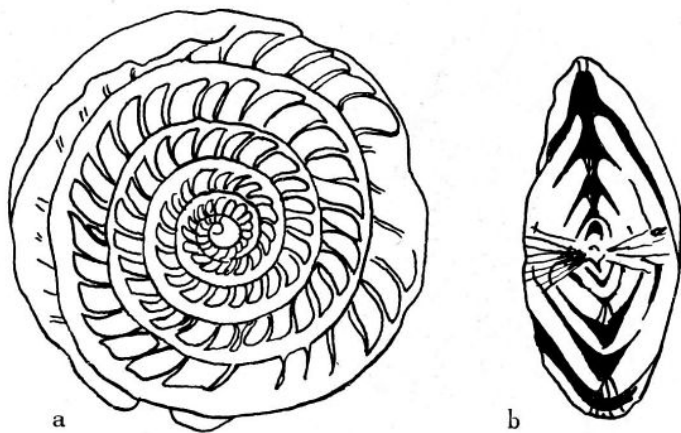



Fig. 288 - *Nummulites globulus* Leymerie - Forma B. Da *Schaub* 1951. a = sez. equatoriale; b = sezione assiale.

Va dal Paleocene superiore all' Oligocene, con specie altamente significative (vedi fig. 289).

Assilina (fig. 290). Simile a una Nummulite in sezione equatoriale, se ne distingue nettamente in sezione assiale, per avere giri evoluti. E' munita di pilastri. Dal Paleocene medio all'Eocene; non supera il Luteziano.

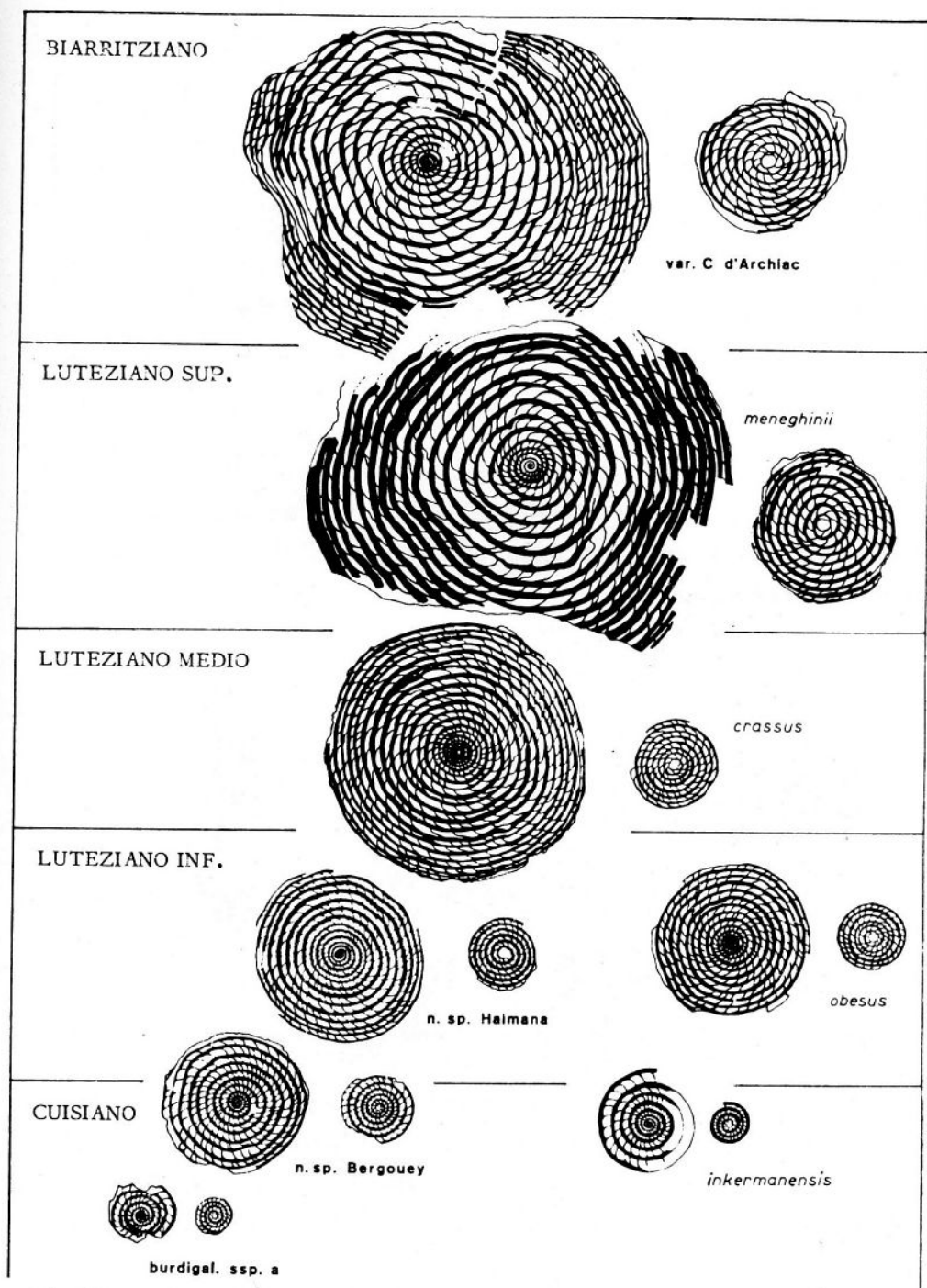



Fig. 289 - Serie evolutiva delle Nummuliti del gruppo del *N. perforatus*, ramo *N. meneghinii*. Gli esemplari figurati a sinistra sono microsferici, quelli a destra sono forme A. Da *Schaub* 1963.

generi	avvolgimento	n. dei giri	altezza dei giri
Nummulites	involuto	numerosi (4-40)	crescente lentamente o con accresc.variabili
Assilina	evoluto	numerosi (4-16)	crescente lentamente
Operculina	involuto, poi evoluto	pochi (4-5)	crescente rapidamente

Pellatispira (fig. 291) è vicina ad *Assilina*, ma se ne distingue per lo enorme sviluppo in spessore della lama spirale. E' tipica del Priaboniano (Eocene superiore).

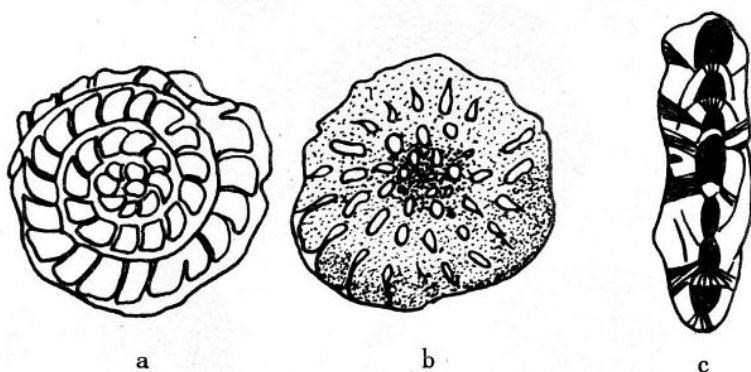



Fig. 290 - *Assilina placentula* Deshayes. Da *Schaub* 1951. a = sez. equatoriale; b = veduta esterna; c = sezione assiale.

Operculina (fig. 292) è una forma lenticolare appiattita di dimensioni generalmente piccole (sul mezzo centimetro). L'avvolgimento è evoluto e le camere crescono rapidamente in altezza. Mancano i pilastri. Il sistema di canali è molto complesso. Diffusa dal Paleocene al Recente.

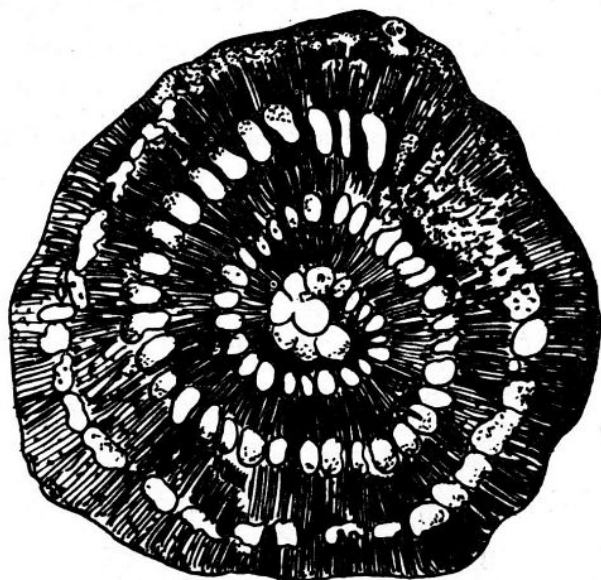



Fig. 291 - *Pellatispira rutteni* Umbgrove, dell'Eocene di Borneo. Da *Pokorny* 1958.

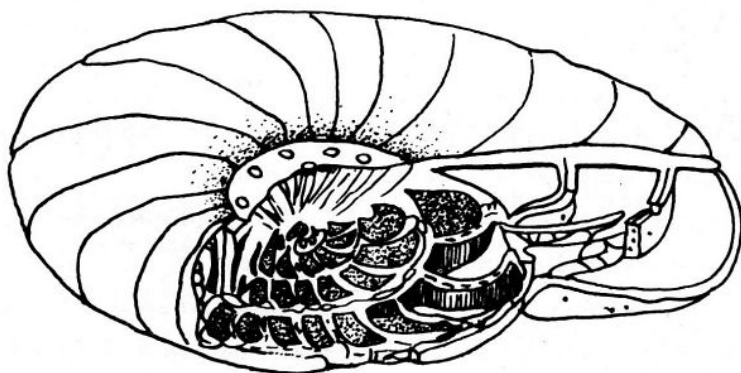



Fig. 292 - Schema di una *Operculina.* Da *Sigal* in *Piveteau* 1952.

Heterostegina (fig. 293) è affine ad *Operculina*, dalla quale si distingue perchè le camere, ancora più lunghe e sottili, sono divise in camerette secondarie da setti trasversali. Dall'Eocene al Recente. Vi sono specie significative soprattutto nell'Oligocene e Miocene (vedi fig. 294).

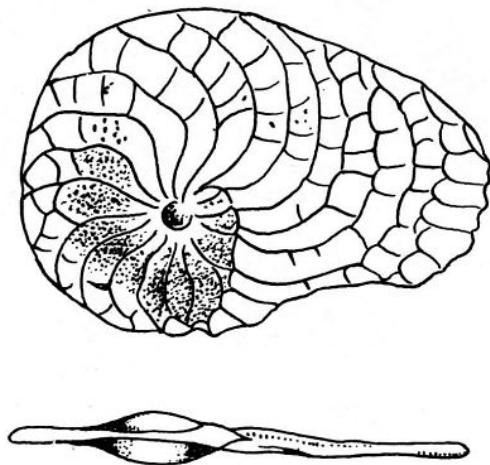



Fig. 293 - *Heterostogina depressa* d'Orb. (da *Pokorny*).

Orbitoidi

Sono noti sotto questo nome i grandi Foraminiferi più evoluti e complessi, che hanno grande valore stratigrafico.

La loro struttura interna è fra le più complicate che si conoscano e deve essere studiata su sezioni orientate.

La tassonomia delle Orbitoidi è molto discussa. Oltre alle *Miogypsinidae*, che vengono riconosciute praticamente da tutti gli autori come una famiglia indipendente, ma sulla cui affinità e sui cui rapporti cone le Orbitoidi non tutti sono d'accordo, vengono distinte un numero di famiglie variabile da un minimo di uno (**Neumann** 1958, che

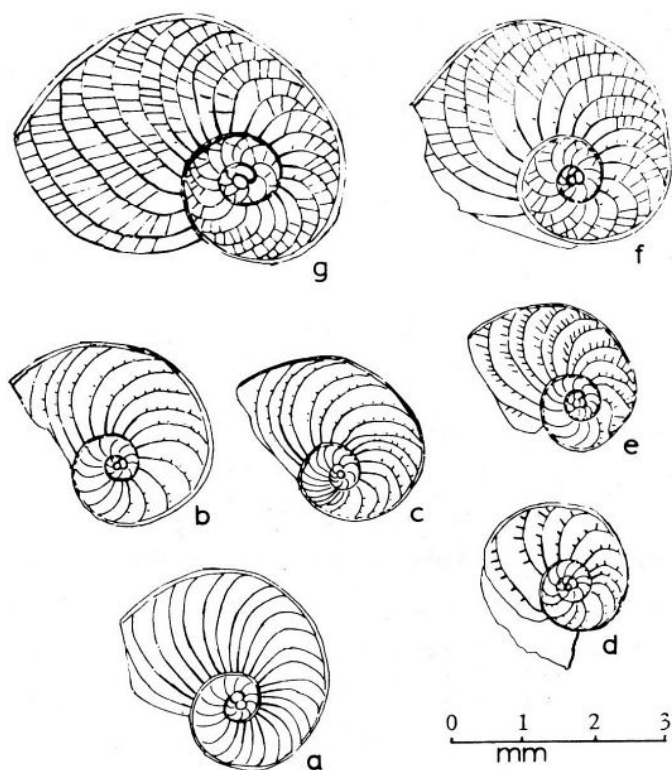



Fig. 294 - Sezioni equatoriali di Heterostegine neogeniche appartenenti alla serie evolutiva *Heterostegina costata-complanata.* Le specie sono progressivamente più recenti dalla *a* (Aquitaniano) alla *g* (Miocene superiore o Pliocene). Da *Papp* 1963. a = *Operculina complanata* (Defrance); b,c = *Heterostegina heterostegina heterostegina* (Silvestri); d = *Heterostegina costata costata* (d'Orbigny); f = *Heterostegina costata politatesta* (Papp e Küpper); g = *Heterostegina complanata spiralis* (Papp e Küpper).

le raggruppa tutte insieme) a un massimo di sette (**Pokorny** 1958).

Dopo aver descritto i caratteri morfologici e strutturali utili per il loro riconoscimento, passeremo brevemente in rassegna i generi più significativi e comuni in Italia, senza insistere sulla loro inclusione nell'una piuttosto che nell' altra famiglia distinta dagli autori.

La forma delle Orbitoidi è generalmente lenticolare o discoidale: nell' Eocene si osservano forme stellate, a costole o a sella. Le

dimensioni sono variabili, da pochi millimetri a parecchi centimetri. Si hanno forme appiattite, lenticolari, rigonfie: alcune presentano un marcato bottone centrale, che può essere delimitato da una depressione anulare. Delle coste radiali possono partire dal rilievo centrale suddividendosi a volte verso la periferia.

La superficie del guscio non è mai liscia, ma presenta granulazioni la cui frequenza e la cui posizione rappresentano un carattere tassonomico di una certa importanza. Esse possono essere distribuite uniformemente sulla superficie del guscio o essere raggruppate nella sua parte mediana, o essere disposte lungo anelli concentrici. Di regola le dimensioni delle granulazioni vanno diminuendo dal centro verso la periferia, come pure la loro frequenza.

Le Orbitoidi sono costituite da uno strato di **camere equatoriali** formate in modo ciclico o anulare e molto spesso circondato da entrambe i lati da una serie di **camere laterali** che conferiscono alle diverse forme il loro andamento più o meno rigonfio (vedi fig. 295).

I **pilastri**, in forma di colonne o di coni rovesciati, interessano le camere laterali. Essi attraversano parecchi strati e sporgono sulla superficie del guscio formando delle granulazioni. Si chiama **roset-**

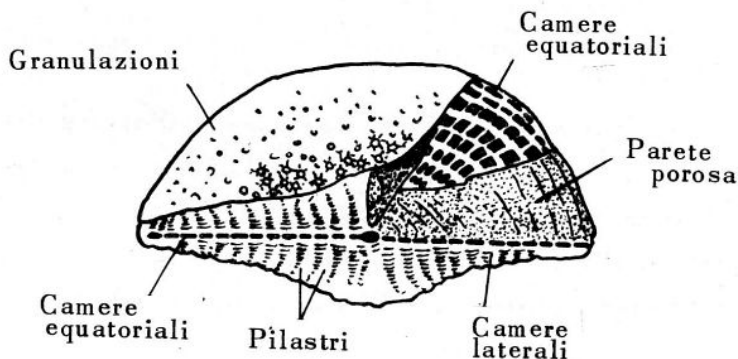



Fig. 295 - Schema della struttura delle Orbitoidi. Da *Moret* 1958.

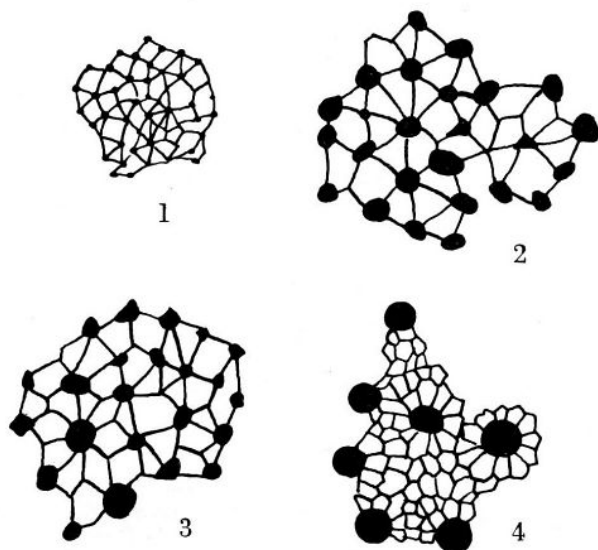



Fig. 296 - Disposizione dei pilastri e delle camere laterali presso alcune Discocycline. Da *Schweighauser* 1953. 1 - *Discocyclina seunesi* (Paleocene); 2 - *Discocycline archiaci* (Ypresiano); 3 - *Discocyclina aspera* (Luteziano); 4 - *Discocyclina scalaris* (Ypresiano).

ta l'insieme di una granulazione e delle camere laterali che la circondano. Questa rosetta è un carattere importante per la determinazione specifica (vedi fig. 296).

Nelle Orbitoidi vi è un dimorfismo accentuato. Nelle forme microsferiche l'avvolgimento è inizialmente planispirale (biseriale in *Omphalocyclus*, vedi fig. 303). Nelle forme megalosferiche l'embrione è costituito da più camere embrionali; è sempre composto da una **protoconca** ellittica o sferica e da una **deuteroconca** la cui forma e le cui dimensioni rispetto alla protoconca possono variare. Gli embrioni possono essere biloculari (è il caso più comune), triloculari o quadriloculari. Vi possono anche essere embrioni pluriloculari, per suddivisioni successive, ma è un caso eccezionale. La posizione dell'embrione

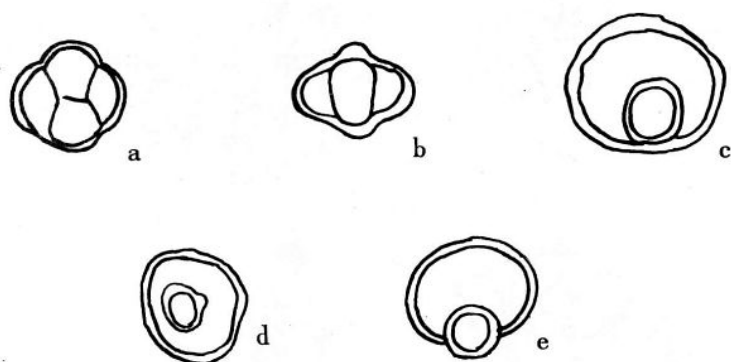



Fig. 297 - Sezioni equatoriali di embrioni megalosferici (forme A) di Orbitoidi. a = embrione quadriloculare; b = triloculare; c,d,e = diversi casi di embrione biloculare. Da *Neumann* 1958.

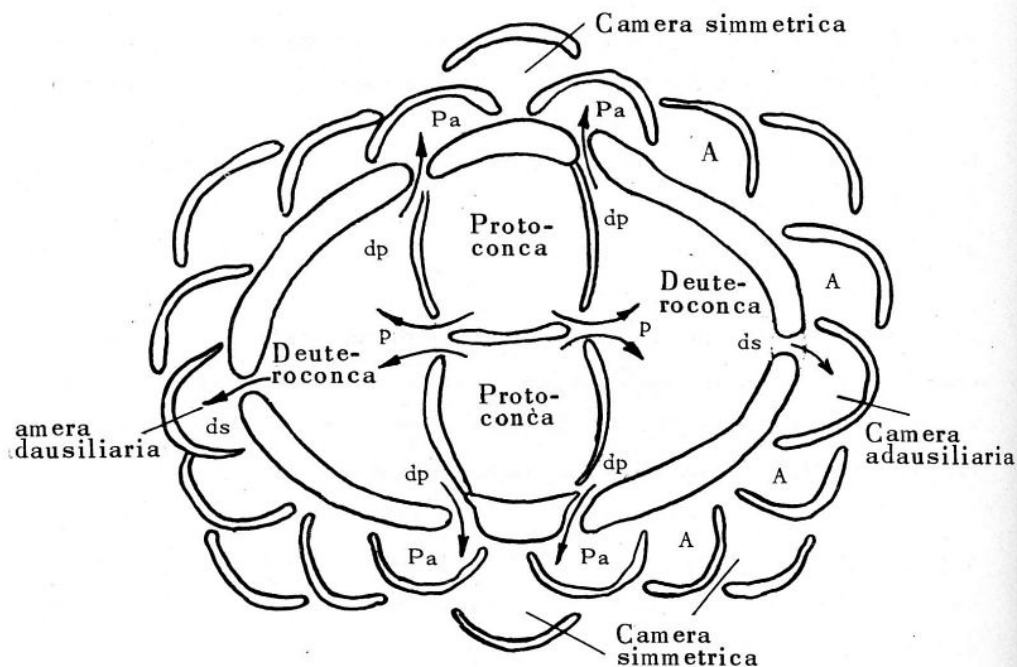



Fig. 298 - Schema dello juvenarium di un'Orbitoide. Pa = camera ausiliaria primaria, A = camera interausiliaria; p = protostolone; dp = deuterostolone; ds = deuterostolone secondario. Da *Neumann* 1958.

è costante, al centro del piano equatoriale. Nella maggioranza dei casi la protoconca e la deuteroconca giacciono nel piano delle camere equatoriali. Nella fig. 297 sono illustrati un embrione quadriloculare, che rappresenta il tipo più primitivo realizzato presso le Orbitoidi, un embrione triloculare e diversi tipi di embrioni biloculari.

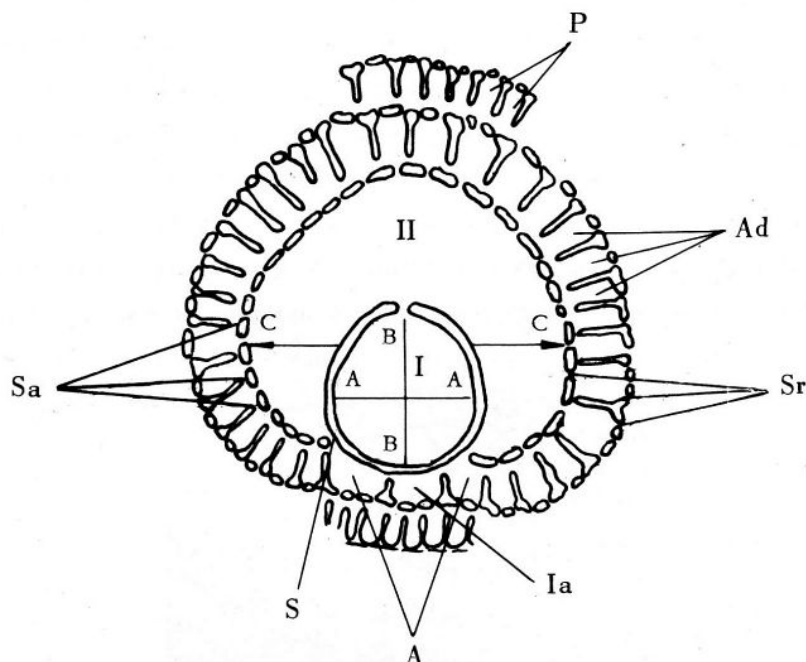



Fig. 299 - Schema dello juvenarium di una *Discocyclina.* Da *Schweighauser* 1953, adattato. A-A = diametro trasversale della protoconca; B-B = diametro longitudinale della protoconca; C-C = diametro trasversale della deuteroconca; I = protoconca II = deuteroconca; A = camere ausiliarie primarie; Ad = camere adausiliarie; Ia = camere interausiliarie; P = camere periausiliarie; S = stoloni principali; Sa = stoloni anulari; Sr = stoloni radiali.

Le camere equatoriali possono essere distinte in due categorie, corrispondenti a diversi stadi di sviluppo: nello **stadio nepionico** si formano le prime camere equatoriali intorno all'embrione. Si chiama **juvenarium** l'insieme della **nucleoconca** e del **nepionte** (fig. 298). Le camere ausiliarie primarie si formano sempre nel punto di contatto di due ca

mere embrionali. Il loro numero è variabile: sono quattro negli embrioni quadriloculari, tre negli embrioni triloculari, due negli embrioni biloculari (vedi fig. 299).

Le camere ausiliarie comunicano solamente con la deuteroconca. Vi sono poi camere inter-ausiliarie e camere simmetriche, la cui posizione è indicata nelle figg.298 e 299.

Nello **stadio neanico** le camere assumono forme diverse nei diversi generi: sono ad arco in *Orbitoides* str.s., a spatola in *Lepidorbitoides* e in *Lepidocyclina*, rettangolari in *Discocyclina*. Questo è valido in linea generale; in particolare poi si possono notare variazioni nella forma delle camere equatoriali in uno stesso individuo.

Per quel che riguarda la struttura delle pareti, si osserva che quelle dell'embrione sono sempre piuttosto spesse. Le pareti delle ca

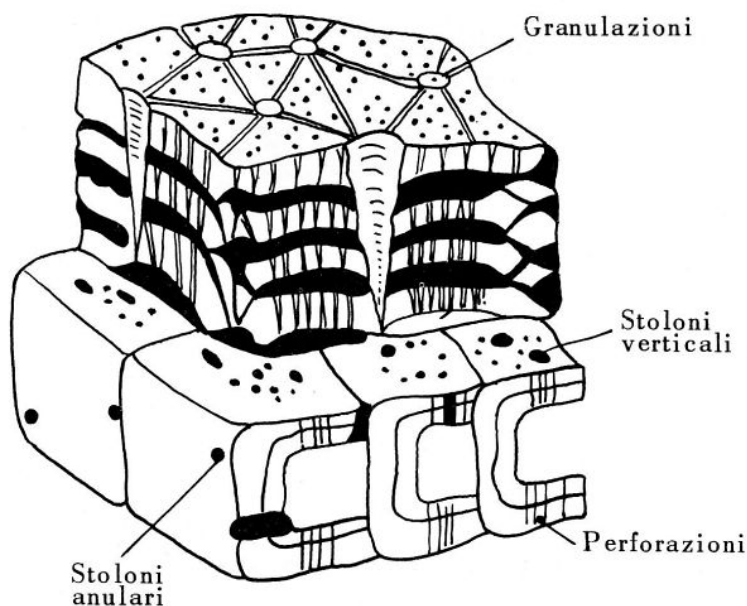



Fig. 300 - Schema ideale di una porzione di *Discocyclina*. Da *Neumann* 1958.

mere equatoriali sono sempre formate da due strati fibrosi (muraglia esterna e muraglia interna) separati da una linea nera. Questa linea nera si osserva in tutte le Orbitoidi e corrisponde alla sezione delle fessure dovute alla imperfetta adesione fra le due muraglie e non può essere assimilata al sistema di canali. La posizione delle linee nere nella parete è in funzione dello spessore della muraglia esterna.

Le pareti sono attraversate da perforazioni e da **stoloni.** Le prime hanno dimensioni piccolissime (qualche micron) e si trovano sul pavimento e sul tetto delle camere. Gli stoloni, tubolari, hanno un diametro variabile fra i 20 e i 50 micron, ed attraversano principalmente le pareti verticali fra le camere (fig. 300). Vi sono stoloni:

a) fra le camere embrionali (**protostoloni**);

b) fra l'embrione e le camere nepioniche (**deuterostoloni**);

c) fra le camere equatoriali;

d) fra le camere equatoriali e le camere laterali.

Dal punto di vista tassonomico sono importanti soprattutto le comunicazioni fra le camere equatoriali (c): esse variano secondo le famiglie ed i generi.

Orbitoides (fig. 301): Guscio lenticolare più o meno rigonfio; la formazione delle camere equatoriali avviene in modo ciclico. Le camere equatoriali hanno forma ad arco e comunicano fra loro per mezzo di stoloni diagonali. Le camere laterali sono sempre presenti, anche se variamente sviluppate.

Gli embrioni microsferici sono formati da piccole camere; quelli megalosferici sono quadriloculari, triloculari o biloculari a seconda del grado evolutivo. L'embrione è sempre circondato da una parete molto spessa. Campaniano-Maastrichtiano.

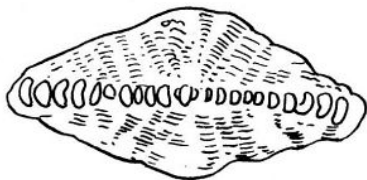



Fig. 301 - Sezione assiale di *Orbitoides media* (d'Archiac). Da *Sigal* in *Piveteau* 1952.

Fig. 302 - Sezione assiale di *Omphalocyclus macroporus* (Lamarck) x 10. Da *Sigal* in *Piveteau* 1952.

Omphalocyclus (figg. 302 e 303) non ha camere laterali e quelle equatoriali sono molto sviluppate, per cui il guscio assume una forma lenticolare biconcava caratteristica. Maastrichtiano.

Lepidorbitoides si differenzia da *Orbitoides* perchè possiede stoloni anulari oltre che diagonali. Le camere equatoriali, arcuate nella parte centrale del guscio, diventano spatulate, indi esagonali verso l'esterno.

Fig. 303 - Schema dell'apparato embrionale microsferico di *Omphalocyclus macroporus* (Lamarck). Da *MacGillavry* 1963.

Fig. 304 - Sezione equatoriale schematica di *Discocyclina*. Da *Pokorny* 1958.

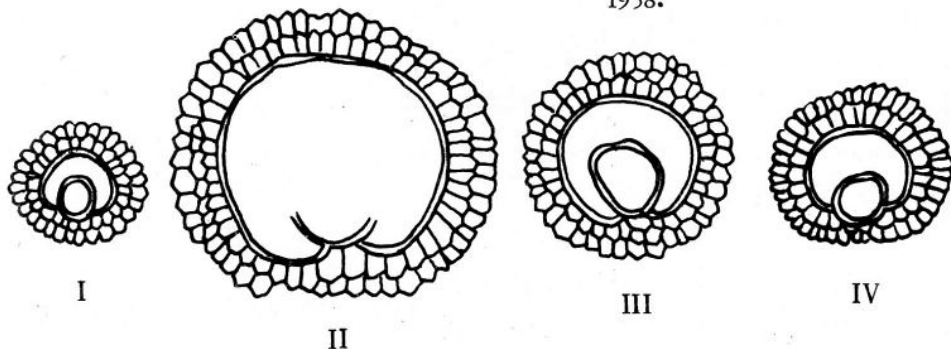



Fig. 305 - Apparato embrionale megalosferico di alcune specie di *Discocyclina*. Tutte le figure x 50. Da *Schweighauser* 1953. I = *Discocyclina seunesi* Douvillé, del Paleocene. II = *Discocyclina scalaris* (Schlumberger), dell'Ypresiano. III = *Discocyclina roberti* Douvillé, del Luteziano. IV = *Discocyclina augustae* van der Weijden, del Priaboniano.

Discocyclina (fig. 304): guscio discoidale o lenticolare con camere equatoriali rettangolari, comunicanti per mezzo di stoloni radiali e anulari. Le camere equatoriali si formano in modo anulare. La forma e le dimensioni degli embrioni megalosferici hanno importanza nelle determinazione delle specie (vedi fig. 305). Paleocene medio - Eocene.

Asterocyclina (fig. 306): ha forma stellata dovuta alla moltiplicazione delle camere equatoriali. Paleocene-Eocene.

Lepidocyclina (fig. 307): forme discoidali, spesso di grandi dimensioni (specie le forme B). L'embrione megalosferico è sempre biloculare, e può avere forma variabile; in base a questo carattere si distinguono i sottogeneri *Eulepidina*, *Nephrolepidina*, *Isolepidina*. Le camere equatoriali sono arcuate, a spatola, esagonali o a losanga. Esse comunicano per mezzo di stoloni diagonali, ai quali si possono aggiungere stoloni anulari. L'accrescimento avviene in modo ciclico. Eocene (?) - Oligocene - Miocene inferiore.

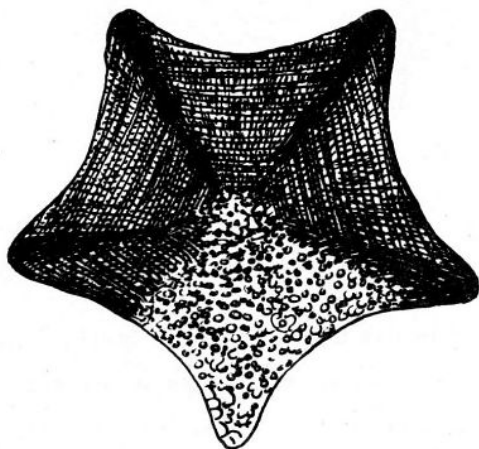



Fig. 306 - Sezione equatoriale di *Asterocyclina stellata*, passante in basso a una sezione tangenziale. Da *Pokorny* 1958.

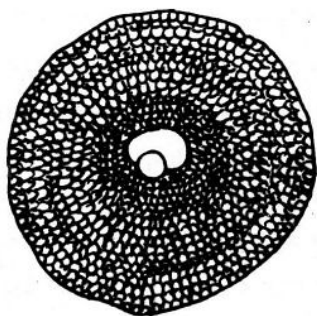



Fig. 307 - Sezione equatoriale schematica di *Lepidocyclina*. Da *Pokorny* 1958.

Miogypsinidae

Le Miogypsinidae sono grandi Foraminiferi affini alle Orbitoidi, che si distinguono facilmente sia in esemplari interi, sia in sezioni equatoriali, per la dissimmetria

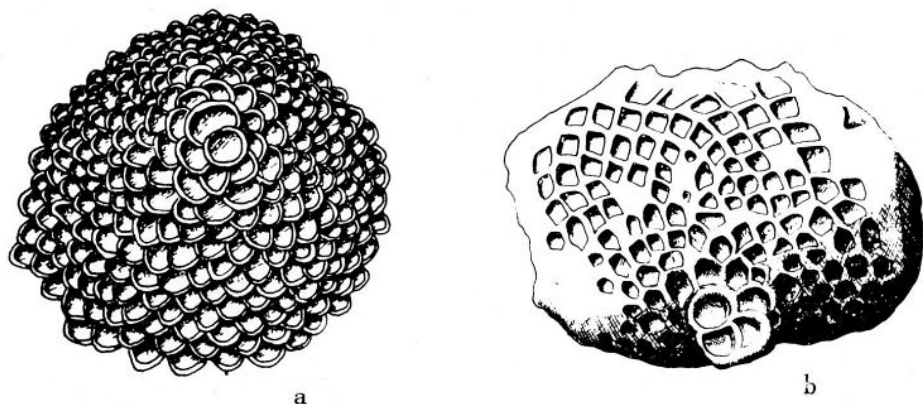



Fig. 308 - Tendenze centripete degli stadi iniziali in uno stràto mediano appiattito (*Miogypsina burdigalensis*) figurato in *a* e in uno strato mediano conico (*Miogypsina dehaarti cupolaeformis*) figurato in *b*. Da *Drooger* 1963.

della conchiglia. Guscio lenticolare, da triangolare a subcircolare, più o meno asimmetrico. Lo juvenarium è sempre eccentrico, e può trovarsi in prossimità della periferia (vedi fig. 308). Nella forma microsferica lo juvenarium presenta avvolgimento planispirale; nella forma megalosferica l'embrione è biloculare, ed è seguito da camere nepioniche avvolte secondo una o più spirali. Le camere equatoriali possono essere rombiche, arcuate od ogivali. Le pareti laterali possono essere molto spesse e formate da diversi strati; nelle forme più evolute si ha lo sviluppo di camere laterali distinte. Vi è un sistema di canali, del tipo «passaggi intrasettali» di **Reiss**. La famiglia è rappresentata dall'Oligocene medio al Miocene medio (Elveziano).

Studi molto approfonditi sull'evoluzione delle Miogypsine hanno dimostrato che il numero delle camere della spirale iniziale tendono a diminuire (principio della «accelerazione nepionica» di **Tan Sin Hok**). Le forme più primitive (vedi fig. 309) hanno una spirale iniziale che può contare fino a 24 camere. Di queste, una parte sono chiamate «operculinoidi» in quanto possiedono un solo stolone; quelle suc-

cessive possiedono un secondo stolone distale. I parametri che servono per stabilire il grado di evoluzione di una *Miogypsina* sono, secondo **Drooger:**

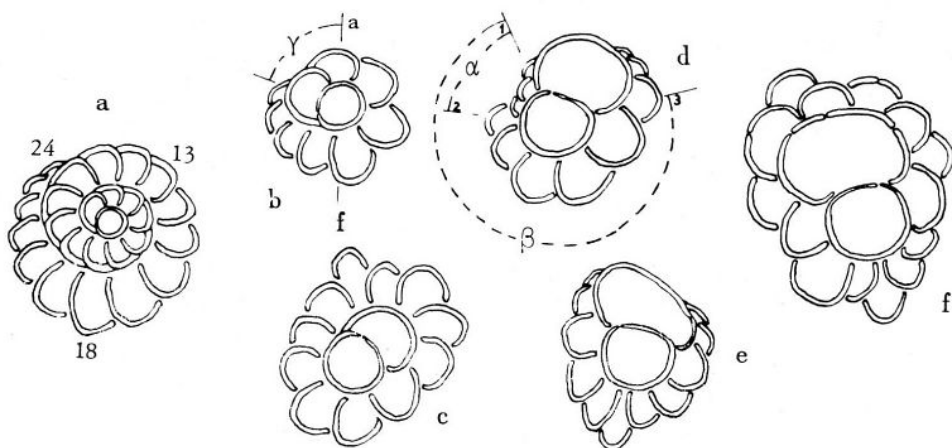



Fig. 309 - Disegni schematici dei tipi di disposizione nepionica in diverse specie di *Miogypsina*. Da *Drooger* 1963, ricavato in parte da *Tan Sin Hok*. a = *M. complanata;* b = *M. borneensis;* c = *M. ecuadorensis;* d = *M. bifida;* e = *M. indonesiensis;* f = *M. excentrica.* In *a* è indicata la derivazione di X (=24), di Y (=13) e di Z (=18.) In *b* è indicata la posizione della linea apicale-frontale (a-f) e dell' angolo gamma. In *d* ed *e* sono state considerate solo le spirali nepioniche della protoconca. La loro misura per mezzo delle lunghezze degli archi α (da 1 a 2) e β (da 1 a 3) sono indicate in *d.*

X = numero complessivo delle camere facenti parte della spirale (24 nella fig. 309 a);

Y = numero delle camere di tipo operculinoide (13 nella fig.309 a);

Z = numero delle camere della spirale iniziale contate fino alla più grande di tutte (18 nella fig. 309 a).

Col procedere dell' «accelerazione nepionica» la spirale formata dalle camere operculinoidi diminuisce fino a scomparire. In *Miogypsina ecuadorensis* (fig. 309 c) lo stolone distale si trova già nella terza camera e si originano di conseguenza due spirali nepioniche, in direzione opposta.

Nello stadio evolutivo successivo (raggiunto da *M. bifida*, fig. 309 d e da *M.indonesiensis*, fig. 309 e) già la deuteroconca possiede due stoloni e due camere ausiliarie primarie e si formano quattro spirali nepioniche.

Nello stadio finale dell'evoluzione (*M.excentrica*, fig. 309 f) la deuteroconca possiede più di due stoloni e quindi più di due camere ausiliarie primarie. Generalmente l'estinzione delle Miogypsine avviene a questo stadio evolutivo.

La distinzione delle specie di *Miogypsina* si basa sulla misura di questi parametri ed inoltre sulla misura degli angoli:

γ = angolo tra la linea apicale-frontale (a-f) del guscio e la linea passante per il centro della protoconca e della deuteroconca (figura 309 b).

α e β = angoli formati fra le linee partenti dal centro della protoconca e passanti per la prima e l'ultima camera delle due principali spirali nepioniche.

Gli angoli α e β, il cui rapporto (α/β) dà il grado di simmetria delle due spirali nepioniche della protoconca, si usano come parametro valido per distinguere le specie nelle associazioni a Miogypsine, in cui dominano le forme con due camere ausiliarie primarie.

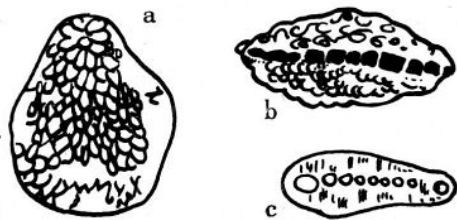



Fig. 310 - *Miogypsinidae:* a = sezione equatoriale di *Miogypsina gunteri;* b = sez. assiale della medesima; c = sez. assiale di *Miogypsinoides*. Da *Sigal*, in *Piveteau*, 1952.

Ricordo i generi *Miogypsinoides* (fig. 310, c) che manca di camere laterali, con pareti laterali molto ispessite e *Miogypsina* (fig. 310 a,b) che possiede camere laterali. A questo genere, che ha complessivamente una distribuzione stratigrafica assai limitata, appartengono specie di alto valore per la stratigrafia del Miocene inferiore.

Significato ecologico dei Foraminiferi

Prima di parlare di ecologia dei Foraminiferi, è necessario richiamare alla mente alcuni concetti tratti parte dalla biologia, parte dalla geologia.

Si chiama **biocenosi** una associazione di animali, o di vegetali viventi. Si chiama invece **thanatocenosi** una associazione di animali, o di vegetali, morti. Quando si studiano associazioni viventi, in laboratori particolarmente attrezzati, noi - parlando di una associazione faunistica o floristica - ci riferiamo ad una vera biocenosi, ma solo in questo caso. Se si studiano sedimenti fossili abbiamo a che fare sempre e solamente con delle thanatocenosi. Anche se si studiano sedimenti recenti, raccolti sui fondi dei mari attuali, si tratta prevalentemente di thanatocenosi, tanto che i gusci dei Foraminiferi si osservano generalmente vuoti; in ogni caso con delle associazioni miste nelle quali, accanto alle forme (vive o morte) che popolano il fondo marino nel punto di prelievo del campione, troviamo i gusci vuoti degli organismi che vivevano - galleggianti - nelle acque superficiali soprastanti e che, dopo la morte dell'organismo, sono precipitati al fondo. Nelle biocenosi il plancton ed il benthos non si trovano mai associati, perchè abitano il primo nelle acque superficiali, il secondo sul fondo. Nelle thanatocenosi invece plancton e benthos sono sempre associati, e dalla proporzione nella quale sono contenuti in un campione noi risaliamo - oltre che da altre osservazioni - alla profondità di sedimentazione del campione stesso.

Nelle thanatocenosi poi è possibile che oltre alle forme bentoniche che popolavano il mare in quel determinato punto e alle forme planctoniche che popolavano le acque superficiali sovrastanti, si trovino anche altre forme trasportate in quel medesimo punto dalle correnti marine (superficiali per le forme planctoniche, profonde per quel-

le bentoniche), oppure precipitate dai fondali circostanti qualora le condizioni morfologiche locali fossero tali da permettere questa caduta.

Per l'interpretazione ecologica di una associazione a Foraminiferi dunque è necessario innanzitutto rendersi conto che abbiamo a che fare con una thanatocenosi, con tutte le limitazioni, le complicazioni e le conseguenze che questo fatto comporta. In secondo luogo dobbiamo tener presente la natura del sedimento nel quale aveva luogo la deposizione dell'associazione stessa; vi sono infatti condizioni più favorevoli ed altre meno favorevoli alla conservazione dei resti organici (fossilizzazione) nel tempo: il variare di queste condizioni è del tutto indipendente dalle associazioni organiche, che risentono in modo passivo della loro influenza. Così ad esempio la circolazione di acque acide in un sedimento di tipo sabbioso contenente Foraminiferi a guscio calcareo può portare alla dissoluzione dei gusci e quindi alla distruzione dei fossili, mentre in un sedimento identico, con lo identico contenuto microfaunistico la conservazione dei fossili può essere perfetta perchè non è intervenuta la causa esterna (circolazione di soluzioni acide) a modificare la sua natura originaria.

In questo caso si può parlare di mancata conservazione dei fossili; ma può darsi il caso che manchi proprio la fossilizzazione, perchè il sedimento che racchiude gli organismi morti è di una natura tale da non permettere la loro conservazione.

L'interpertazione ecologica delle associazioni fossili a Foraminiferi si fonda sulla distribuzione di questi Protozoi nei mari attuali.

Grandi progressi sono stati compiuti in questo campo negli ultimi anni per il moltiplicarsi sia delle spedizioni oceanografiche e degli studi relativi, sia delle ricerche sperimentali di laboratorio.

La raccolta dei Foraminiferi planctonici viene fatta con reticelle a plancton: si usano speciali coloranti che pigmentano la sostanza protoplasmatica, in modo da separare i gusci occupati da animali vivi dai gusci vuoti, abbandonati.

La raccolta dei Foraminiferi bentonici viene fatta con speciali attrezzi che prelevano campioni dal fondo marino. Anche qui l'impiego di coloranti permette di isolare la biocenosi vera e propria.

In linea generale si può affermare che i Foraminiferi bentonici sono influenzati da un maggior numero di fattori ecologici, ed in maggior misura, dei Foraminiferi planctonici. Su di essi è basata in larga misura la distinzione in zone di profondità.

Foraminiferi bentonici

I fattori ecologici che determinano la distribuzione dei Foraminiferi in base alla profondità sono i seguenti, elencati approssimativamente in ordine di importanza decrescente:

- temperatura,
- salinità,
- composizione chimica dell' acqua,
- torbidità,
- distribuzione del cibo.

Tutti questi fattori variano nel mare in funzione della profondità, e variano specialmente nelle acque più superficiali, che costituiscono il cosiddetto «strato stagionale».

In merito alla profondità possiamo dire che la sua misura è relativamente facile e che si hanno dati più numerosi e in complesso più attendibili riguardo alla distribuzione dei Foraminiferi bentonici in profondità, di quanti se ne abbiano per qualsiasi altro gruppo di organismi. Vi sono però molte difficoltà nel correlare i dati ottenuti dai va-

ri studiosi che si sono occupati di ricerche di questo genere. Occorre infatti ricordare che dal punto di vista ecologico hanno significato le singole specie, non le unità tassonomiche di rango più elevato. Nello stesso genere infatti si possono trovare specie che hanno dei limiti di profondità molto ristretti accanto a specie dai limiti molto ampi o comunque diversi. Ma, anche prescindendo dal soggettivismo delle determinazioni a livello della specie, riesce difficile paragonare la distribuzione dei Foraminiferi bentonici in mari o in oceani diversi, a causa della diversità delle faune: accanto a specie cosmopolite se ne hanno moltissime altre la cui diffusione geografica è più o meno limitata.

Questa è una delle ragioni per cui gli autori, basandosi sulle

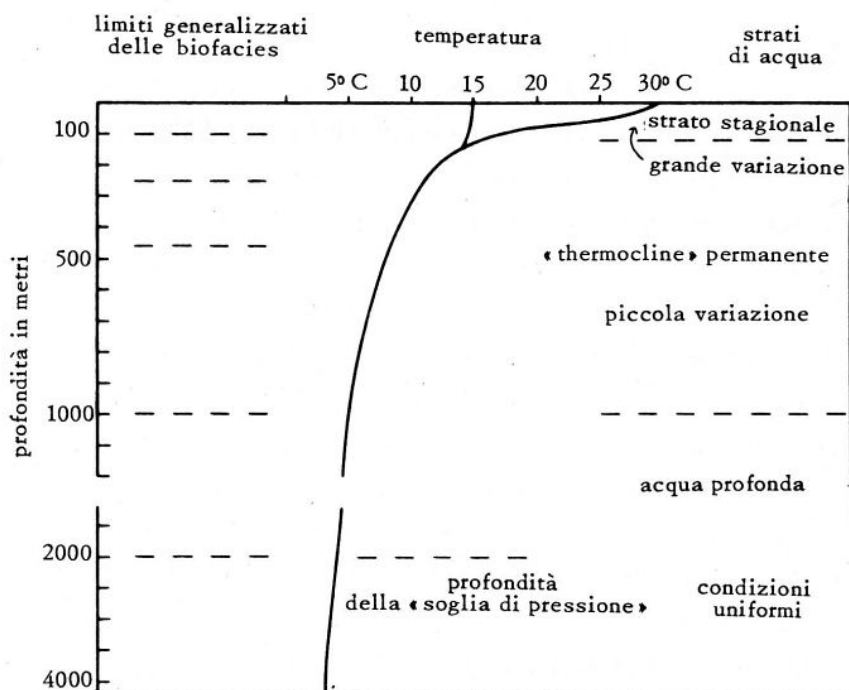



Fig. 311 - Limiti batimetrici delle associazioni a Foraminiferi bentonici in rapporto alla distribuzione generalizzata della temperatura. Adattato da *Phleger* 1960.

varie associazioni di specie caratteristiche, distinguono diverse zone batimetriche.

Phleger (1960), avendo analizzato le specie dalla distribuzione batimetrica significativa nei vari oceani, riconosce di validità mondiale solamente le seguenti forme:

1) caratteristiche di profondità inferiore ai 70-100 metri:
   Buliminella elegantissima (d'Orbigny)
   alcune specie di *Rosalina*
   Elphidium spp.
   Miliolidae (abbondanti)
   Quinqueloculina seminulum (Linneo) var.
   Ammonia beccarii (Linneo) var.

2) caratteristiche di profondità superiori ai 100 metri:
   Höglundina elegans (d'Orbigny)
   Uvigerina peregrina Cushman .

I vari autori riconoscono sei o sette zone batimetriche, basandosi sui Foraminiferi bentonici (vedi fig. 311). Il cambiamento più marcato si ha generalmente al limite inferiore dello « strato stagionale ». Secondo **Phleger** (1960) i principali caratteri che distinguono lo « strato stagionale » dalle acque più profonde sono:

a) una marcata variazione stagionale della temperatura alle medie latitudini. In alcune aree costiere si possono avere abbassamenti di salinità;
b) effettiva penetrazione della luce per la fotosintesi, con conseguente massima produzione di materia organica da parte delle piante marine;
3) turbolenza durante i forti venti superficiali.

I dati sperimentali riguardo agli effetti causati dai cambiamen-

ti di temperatura sono finora molto scarsi, e si limitano a poche specie di habitat costiero o addirittura lagunare. Si è osservato per esempio che i limiti di tollerabilità a condizioni estreme sono generalmente ridotti: si distinguono limiti di sopravvivenza ed altri, più ristretti, en-

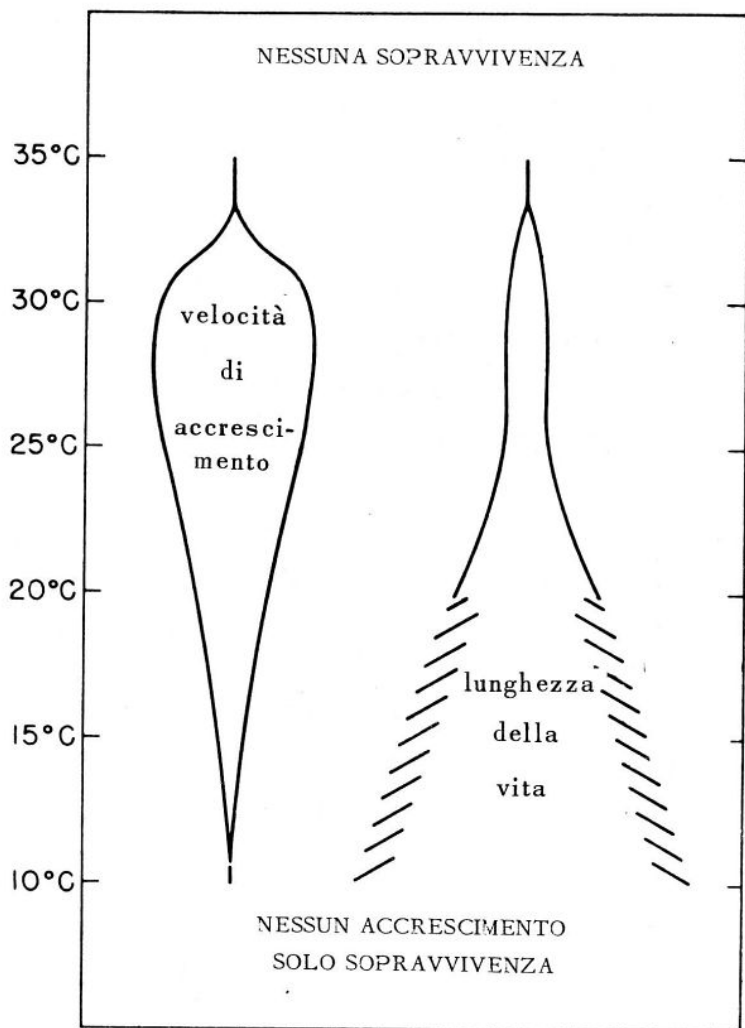



Fig. 312 - Effetti della temperatura sulla velocità di accrescimento e la lunghezza della vita di *Ammonia beccarii* (Linneo) nelle culture di laboratorio, basati sulle esperienze di Bradshaw. Da *Phleger* 1960.

tro ai quali può avvenire la riproduzione. Le esperienze di **Myers** hanno dimostrato che solo pochi centigradi (4° o 5°) separano l'optimum di vita dal limite superiore di temperatura nel quale una cultura di *Pa*

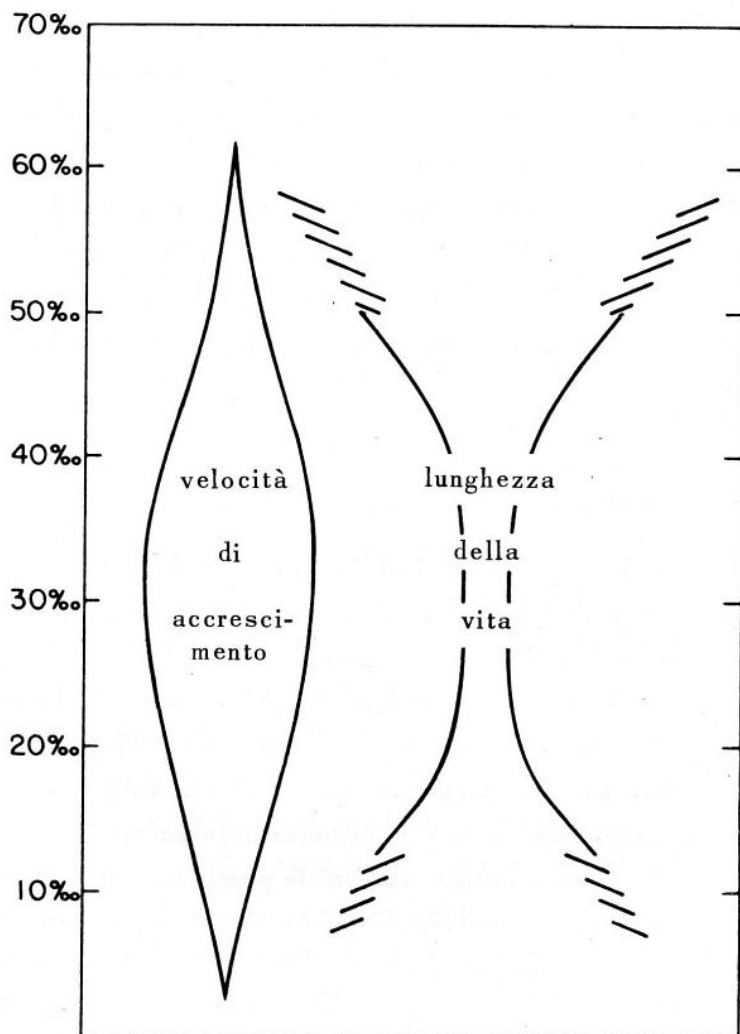



Fig. 313 - Effetti della salinità sulla velocità di accrescimento e sulla lunghezza della vita di *Ammonia beccarii* (Linneo) nelle culture di laboratorio, basati sulle esperienze di Bradshaw. Da *Phleger* 1960.

tellina corrugata può essere tenuta in vita. Per questa specie e per *Spirillina vivipara* è stato osservato che alla temperatura di 18° la riproduzione è molto ridotta mentre a temperature di 25° o 26° si formano, in seguito a riproduzione, degli esemplari abnormi.

Molto più tollerante alle variazioni di temperatura, ed anche di salinità, è stata trovata da **Bradshaw** (vedi figg. 312 e 313) *Ammonia beccarii*, una delle rare specie di Foraminiferi che si è adattata all'ambiente lagunare, caratterizzato da una grande variabilità dei fattori ecologici. Nelle figg. 312 e 313 si osserva che la lunghezza della vita (che nel caso dei Foraminiferi coincide con l'intervallo di tempo compreso fra due generazioni successive) tende ad aumentare in condizioni ambientali avverse.

Foraminiferi planctonici

I Foraminiferi planctonici hanno una diffusione geografica molto più ampia di quella dei Foraminiferi bentonici, e le specie sono molto meno numerose (si calcola che vi siano da 30 a 50 specie viventi), cosicché i dati relativi a tutti i mari della Terra possono essere confrontati senza difficoltà. La conoscenza della loro ecologia è essenziale per interpertare i sedimenti pelagici del Terziario e del Cretaceo, alla cui costituzione hanno contribuito in larga misura.

Negli ultimi anni le informazioni in proposito sono molto aumentate per la raccolta di Foraminiferi in reticelle a plancton effettuate in molte centinaia di stazioni nell'Oceano Pacifico, nell'Atlantico, nel Golfo del Messico ecc. In base a queste ricerche risultano ben caratterizzate la fauna fredda, la più ricca di individui ma povera di specie, dominata dalle *Globigerina (G.pachyderma, G.bulloides, G. quinqueloba, G.eggeri)* e quella calda, molto più ricca di specie e particolarmente di *Globigerinoides*. Sono considerati indicatori caldi le se-

guenti specie:

Globigerinella aequilateralis
Orbulina universa
Pulleniatina obliqueloculata
Globigerinoides rubra
Globigerinoides sacculifera
Globorotalia menardii.

Fra questi due tipi estremi si distinguono altre faune con carattere di transizione.

Mentre vi è una notevole concordanza di opinioni circa la diffusione geografica delle varie specie, i pareri sono più discordanti sulla loro distribuzione in profondità. Così ad esempio non tutti gli autori sono d'accordo circa la massima profondità alla quale possono vivere i Foraminiferi planctonici. Nell'Atlantico sono stati pescati esemplari vivi, con protoplasma, fino a 2000 metri di profondità, ma le popolazioni più ricche pare si trovino nei primi 100 metri.

Grandi disparità di valori si riscontrano riguardo al numero di Foraminiferi vivi contenuti in ogni metro cubo d'acqua passata attraverso reticelle a plancton attrezzate per queste misure quantitative. In certi casi il numero (che va da poche unità a qualche centinaio per metro cubo d'acqua) aumenta con la profondità, in altri punti diminuisce, pur essendo analoghe le condizioni ecologiche.

Dati indiretti di notevole interesse sono stati ottenuti da **Emiliani,** il quale ha studiato la composizione isotopica dell'ossigeno presente nel guscio dei Foraminiferi planctonici. Con questo metodo si determina la temperatura dell'acqua nella quale si è formato il carbonato di calcio che costituisce i gusci e da questa si risale alla profondità di vita del Foraminifero, conoscendo l'andamento della temperatura nelle acque soprastanti il punto di prelievo del sedimento. Secondo queste ricerche, che si limitano a un numero ristretto di specie, o-

gnuna di esse vivrebbe a una determinata profondità per tutta la vita. Le specie più «superficiali» apparterrebbero ai generi *Globigerinoides* e *Orbulina*; non vi sarebbero prove dell'esistenza di Foraminiferi planctonici al di sotto di 220 metri.

La distribuzione dei Foraminiferi planctonici nelle carote sottomarine permette di individuare le variazioni paleoclimatiche che hanno caratterizzato gli ultimi periodi della storia della Terra. Nelle zone di clima temperato o caldo le faune, a una certa profondità al di sotto del fondo del mare, denotano una temperatura superficiale più bassa di quella attuale; questo raffreddamento è messo in rapporto con le invasioni glaciali e permette di ubicare il limite Olocene-Pleistocene ed eventualmente di distinguere le varie fluttuazioni climatiche verificatesi nel Pleistocene.

Da quanto abbiamo detto risulta che la composizione qualitativa e quantitativa sia del benthos, sia del plancton, nonché il rapporto plancton/benthos, sono in relazione con diversi fattori ecologici che, nel caso dei Foraminiferi recenti, sono noti e possono essere misurati.

Nell'interpretare le associazioni fossili si ammette che questi fattori ecologici abbiano agito nello stesso senso anche in passato.

Schematizzando, possiamo ridurre a tre tipi fondamentali le associazioni a Foraminiferi:

a) **associazioni prevalentemente planctoniche**

normalmente si tratta di depositi di tipo batiale, depostisi lontano dalle coste; nelle microfaune di età non molto antica (in pratica dal Neogene in su) è possibile trarre delle conclusioni sulla temperatura delle acque superficiali, basandosi sulla distribuzione attuale delle specie presenti. E' possibile che microfaune prevalentemente planc

toniche si siano deposte in ambienti diversi da quello indicato, su bassi fondi, alle volte anche vicino alle coste. Per arrivare a provare questo fatto bisogna innanzitutto osservare le forme bentoniche che si accompagnano al plancton; se sono di ambiente profondo, vale la prima ipotesi; se invece sono di tipo costiero, vuol dire che l'associazione è anomala (nel senso che il rapporto plancton-benthos non è in relazione con la profondità) e che il plancton per particolari condizioni locali si trovava in numero maggiore del solito. Alle volte non bastano le osservazioni dirette sul campione, ma bisogna osservare altri campioni che si trovano in posizione stratigrafica vicina a quella del campione osservato; così ad esempio si conoscono livelli a microforaminiferi pelagici di età sopracretacea (associazioni a Globotruncane, Heterohelicidae ecc.) associati in fitta alternanza con livelli a macroforaminiferi indicativi di un ambiente littorale. Questo fenomeno si può spiegare con la presenza di bassifondi con acque tranquille nei quali prosperavano microfaune pelagiche anche a debole profondità, e quindi in un ambiente notevolmente diverso da quello abituale. Anche l'azione delle correnti può essere chiamata in causa in casi di questo genere, determinando essa un trasporto e quindi la sedimentazione di Foraminiferi lontano dei loro luoghi di origine.

Un'alternanza di livelli a Foraminiferi planctonici con livelli a macroforaminiferi potrebbe avere anche una diversa spiegazione se questi ultimi rappresentassero delle torbiditi.

Microfaune esclusivamente planctoniche sono piuttosto rare: possono indicare un ambiente batiale molto lontano dalle coste (vere e sicure microfaune fossili di tipo abissale non sono finora accertate), con sedimentazione esclusivamente pelagica, oppure un ambiente molto differente, di tipo euxinico, dove per particolari condizioni locali (acque avvelenate al fondo o altro) non era possibile la vita organica al fondo; in mancanza delle forme bentoniche, si possono por-

tare delle prove a favore di questa ipotesi osservando il residuo inorganico, che in questi casi è sempre particolare (presenza di pirite ecc.).

Le associazioni a Foraminiferi pelagici sono sempre alquanto specializzate, perchè moltissimi individui rappresentano un numero abitualmente limitato di specie, mentre i generi planctonici sono veramente scarsi; a differenza delle associazioni bentoniche, quelle planctoniche quindi non denunciano particolari condizioni ambientali quando sono specializzate, in quanto questa specializzazione è per esse un fatto normale e non eccezionale.

Le dimensioni dei Foraminiferi pelagici sono invece indicative: esemplari grandi e ben sviluppati denunciano un ambiente di sedimentazione favorevole alla vita, con buone condizioni climatiche, acque tranquille e cibo abbondante; faune piccole e scarse possono essere messe in relazione a basse temperature, o a scarso cibo, o anche eventualmente ad acque agitate, senza che a volte sia possibile discernere quale di queste cause sia intervenuta con maggior peso.

b) **associazioni prevalentemente bentoniche**

si tratta sempre di depositi non molto profondi e vicini alle coste, comprendenti l'ambiente neritico e quello littorale. Mentre si conoscono esempi di microfaune prevalentemente pelagiche corrispondenti ad un ambiente di sedimentazione poco profondo, non si conoscono invece esempi, né fossili nè viventi, di microfaune prevalentemente bentoniche depostesi in acque profonde (1). Perciò il significato ecologico delle forme bentoniche è - sotto questo punto di vista - più sicuro ancora di quello del plancton.

In particolare, sono indicativi di acque particolamente basse,

(1) Questa affermazione vale per le faune tardo-mesozoiche o più recenti = prima non vi erano Foraminiferi planctonici, vedi pag. 398.

nell'immediata prossimità della linea di costa, i seguenti generi: *Discorbis, Asterigerina, Elphidium, Nonion, Quinqueloculina* ed altre Miliolidae.

Sono indicativi di acque mediamente profonde (ambiente neritico) fra gli altri, i seguenti generi: *Gyroidina, Anomalina, Cassidulina* le *Nodosarie*, ecc. Sono indicativi di acque profonde (ambiente neritico-batiale o decisamente batiale) i seguenti generi: *Bulimina, Bolivina, Pyrgo, Uvigerina*, ecc.

Ricordo che le forme bentoniche indicate nel secondo gruppo (ambiente neritico) e nel terzo (ambiente neritico-batiale o batiale) normalmente non fanno parte di associazioni prevalentemente bentoniche ma sono accompagnate da abbondante plancton che, specialmente nel terzo caso, è nettamente preponderante per il numero degli individui (non per quello delle specie, o almeno non sempre).

Le forme attaccate (es. *Discorbis, Cibicides lobatulus)* sono sempre indicative di ambiente costiero, e si trovano più spesso su fondali rocciosi, che su fondali sabbiosi.

Le forme arenacee possono essere indicative di ambiente littorale, ma alcuni generi (es. *Ammodiscus, Reophax, Ammobaculites* ecc.) sono di habitat profondo. Una grande abbondanza di arenacei può essere messa in relazione con scarso contenuto in carbonati nell'acqua marina e abbondante sabbia. Raramente si trovano associate in gran numero forme attaccate ed arenacei, perchè il loro ambiente di vita non è il medesimo.

Sono indicative di acque basse e calde le seguenti forme: la maggioranza delle Miliolidi (tranne le *Pyrgo*, che sono forme profonde e quindi anche fredde, e le Miliolidi a guscio arenaceo, come il gen. *Sigmoilina*, che non sono necessariamente forme calde), *Planorbulina*, ecc. Sono indicative di acque fredde (e perciò abitualmente anche pro-

fonde, ma in casi particolari di acque fredde e superficiali) i seguenti generi: *Uvigerina*, *Pyrgo*, *Bulimina*, *Bolivina*, ecc.

Una specializzazione nelle forme bentoniche può essere messa in relazione:

- con bassa temperatura (vedi faune oligotipiche del Calabriano o del Siciliano, contenenti gran numero di individui appartenenti a poche specie, indicative di acque fredde, come *Bulimina marginata*, *Bolivina catanensis*, *Uvigerina peregrina*, ecc.);
- con elevata salinità (faune oligotipiche del Miocene superiore, connesse con eccesso di salinità al fondo);
- con cattive condizioni di vita al fondo, quali si verificano negli ambienti di tipo euxinico (faune oligotipiche della serie messiniana).

Le dimensioni dei Foraminiferi bentonici non sono altrettanto indicative quanto quelle dei planctonici: in generale si può dire che forme grandi e ben sviluppate corrispondono a buone condizioni di vita, mentre forme piccole possono essere messe in relazione con vari fatti in complesso sfavorevoli.

c) **associazioni a macroforaminiferi**

si tratta sempre di depositi costieri corrispondenti a deboli profondità. Non si conoscono esempi, nè fossili nè viventi, di associazioni a macroforaminiferi in depositi profondi. Se associazioni di questo tipo si trovano associate con microfaune di ambiente pelagico (vedi esempio citato più indietro), sono queste ultime da considerarsi anormali, non le prime, oppure queste si sono risedimentate.

Del resto nella grande maggioranza dei casi i rari microforaminiferi che accompagnano le associazioni a macroforaminiferi, ed anche gli altri fossili eventualmente presenti corrispondono tutti ad un ambiente di sedimentazione littorale.

Fra i microforaminiferi, quelli che più comunemente si trovano associati ai macroforaminiferi sono: *Textulariae*, *Rotaliidae*, *Miliolidi*, *Discorbidae* con forme attaccate, qualche esemplare planctonico (*Globigerina* o altro, secondo l'età del sedimento) ecc.

La maggioranza dei macroforaminiferi conosciuti hanno guscio calcareo: tutti questi indicano acque oltre che basse, anche calde e quindi particolarmente ricche di carbonato di calcio. E' opportuno ricordare che nei mari attuali i depositi a macroforaminiferi sono limitati alle sole zone costiere dei mari tropicali o subtropicali, mentre già nei mari temperati è rarissimo trovarne, e non se ne trovano mai in abbondanza.

I macroforaminiferi a guscio arenaceo (es. *Orbitolina*, *Coskinolina*, *Orbitopsella*) indicano anch'essi acque costiere, ma non sono altrettanto indicativi per quel che riguarda la temperatura.

Importanza stratigrafica dei Foraminiferi

I Foraminiferi sono universalmente considerati come dei buoni fossili, ma questo carattere non è esteso a tutto l'ordine, riferendosi specialmente ad alcune famiglie, che sono altamente indicative. Ritrovati anche in terreni antichissimi, i Foraminiferi cominciano ad assumere una vera importanza stratigrafica a cominciare dal Paleozoico superiore; la loro diffusione diventa sempre più ampia attraverso le ere geologiche. Nei terreni antichi infatti la presenza dei Foraminiferi è eccezionale o per lo meno rara, mentre una diffusione veramente ampia si comincia ad avere nella parte superiore del Mesozoico e, specialmente, nel Terziario.

Prima di passare in rassegna, molto sommariamente, le microfaune a Foraminiferi delle varie età geologiche (verranno considerati, per brevità, solo i gruppi più comprensivi, mentre maggiori dettagli sul

la distribuzione dei Foraminiferi si possono trovare nella parte dedicata particolamrente alle microfaune italiane), occorre fare una precisazione: trattandosi di reperti fossili, non dobbiamo dimenticare l'importanza che riveste, nei Foraminiferi, la composizione del guscio nel determinare la possibile loro conservazione. Così le forme sprovviste di guscio, o con guscio esclusivamente chitinoso sono senz'altro le più primitive, e sono quindi con ogni probabilità le più antiche, ma la mancanza del guscio ne ha impedito la conservazione come fossili.

PALEOZOICO

Paleozoico medio e inferiore

I ritrovamenti di Foraminiferi in questi terreni antichissimi sono del tutto eccezionali. Alcune segnalazioni che fecero molto scalpore al loro apparire, non resistettero ad un esame critico: così la microfauna cambriana descritta da **Chapman** (Malverns, Inghilterra) con varie *Nodosariidae* e *Spirillina*, venne più tardi riconosciuta come mesozoica. Corpuscoli sferici, che possono avere anche origine inorganica, furono riferiti a *Lagena* o ad *Orbulina*, che è un genere estremamente specializzato, ed appare nel Neogene.

In realtà tutti i Foraminiferi del Paleozoico inferiore e medio i cui ritrovamenti sono accettati dai massimi autori moderni sono a guscio arenaceo ed appartengono alle famiglie più primitive (*Hyperamminidae* e *Saccamminidae* nel Cambriano, *Astrorhizidae* e *Ammodiscidae* nei periodi successivi). Secondo i dati russi più recenti nel Siluriano apparirebbero anche le *Trochamminidae* e le prime *Nodosariidae;* nel Devoniano le *Textulariidae* e, nella parte superiore, le *Endothyridae.*

Paleozoico superiore (Permo-Carbonifero)

Nel Paleozoico superiore assistiamo allo sviluppo veramente esplosivo di una grande famiglia di Foraminiferi con guscio complesso, di grandi dimensioni, le *Fusulinidae*. Le Fusuline continuano nel Permiano, dove sono accompagnate, specialmente in Asia, dalle Neoschwagerine (fam. *Neoschwagerinidae*).

Lo sviluppo esplosivo delle *Fusulinidae* nel Carbonifero è il primo esempio, nella storia geologica, di un gruppo di grandi Foraminiferi che in brevissimo tempo si estendono attraverso tutti i mari, invadendoli con faune talmente abbondanti da assumere importanza litogenetica (calcari a Fusuline) ed evolventesi nel tempo con tanta rapidità, da dare una serie di generi e di specie-guida particolarmente utili nella datazione di questi terreni (biozone e Fusuline).

Uno sviluppo paragonabile a quello delle *Fusulinidae* lo ebbero, molto più tardi, le Orbitoline (nel Cretaceo inferiore), le Orbitoidi l.s. (nel Cretaceo superiore, Eocene ed Oligocene), le Nummuliti (nel Paleogene).

Prescindendo dalle *Fusulinidae* e forme affini, le microfaune del Paleozoico superiore si differenziano da quelle più antiche per la maggiore abbondanza e varietà di Foraminiferi; si tratta sempre prevalentemente di forme arenacee, appartenenti alle famiglie delle *Saccamminidae*, *Hyperamminidae*, *Rheophacidae*, *Ammodiscidae*, *Lituolidae*, *Textulariidae*, *Verneuilinidae*, *Trochamminidae*, *Tetrataxidae*, ecc. Fra le forme a guscio calcareo imperforato fanno la loro apparizione le *Miliolidae* ed *Ophtalmidiidae*, che diventano più frequenti a cominciare dal Permiano. Fra i Foraminiferi calcarei perforati, si sviluppano le *Nodosariidae* (gen. *Geinitzina*, *Pachyphloia* ecc.)

MESOZOICO

Triassico

I Foraminiferi del Trias sono piuttosto rari: grandi progressi nelle conoscenze relative sono stati compiuti negli ultimi an-
ni. Scomparse definitivamente le *Fusulinidae* e *Neoschwagerinidae*, alla fine del Paleozoico, le altre famiglie persistono, rappresentate da scarsi generi e specie. Le forme arenacee perdono alquanto di importanza, tranne le *Tetrataxidae*, che sono ben sviluppate mentre ne acquistano una maggiore le forme a guscio calcareo perforato,so-
prattutto le *Nodosariidae*.

Le ricerche condotte sul Trias alpino (Alpi Calcaree setten-
trionali e meridionali) hanno rivelato l'abbondanza delle Trocholine, Involutine e forme affini e la presenza di Foraminiferi preceden-
temente sconosciuti, la cui posizione tassonomica è incerta anche perchè non si conosce la struttura del loro guscio, per i quali è stata istituita la famiglia *Variostomidae* (vedi fig. 314).

Giurassico

Nel Lias le *Nodosariidae* sono i Foraminiferi più abbondanti per numero di generi, specie ed individui; si nota una maggiore differenziazione e una ornamentazione dei gusci più accentuata rispetto alle forme triassiche: fra i generi più rappresentati ricordo *Nodosaria*, *Marginulina*, *Cristellaria*, *Vaginulina*, *Frondicularia*,*Len-
ticulina* ecc. Compaiono nel Lias le prime *Buliminidae* (gen. *Bolivina*) e continuano le forme arenacee di tipo primitivo. Fra le *Lituo-
lidae*, ricordo i generi *Orbitopsella*, *Haurania*, *Lituosepta*. Nelle facies littorali sono pure diffuse le *Ophtalmidiidae* (*Involutina*, *Tro-*

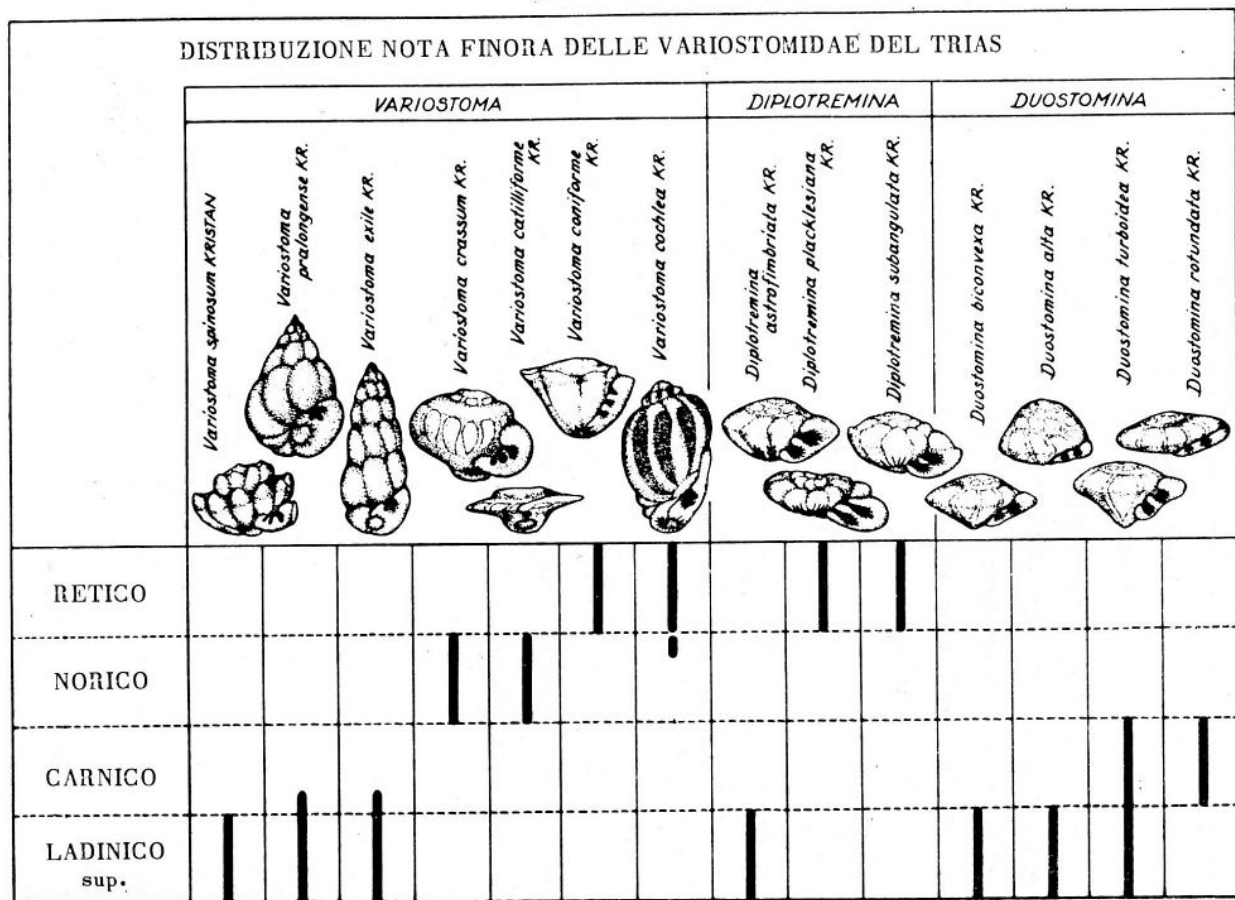



Fig. 314 - Serie evolutive di Foraminiferi triassici. Da *Kristan Tollmann* 1963.

cholina).

Nel Dogger continua il predominio delle *Nodosariidae;* le *Lituolidae* continuano attraverso tutta la serie con forme significative, le Rotaliidea diventano più frequenti e più differenziate; fra le *Tetrataxidae* si trovano generi di grande valore stratigrafico quali *Kurnubia* e *Pfenderina*, Nel Malm le microfaune sono assai simili a quelle del Dogger.

Cretaceo

Nel Cretaceo inferiore le microfaune mantengono fino a un certo punto i caratteri che presentavano nei sottostanti terreni; si nota una grande varietà di Nodosariidae, forme arenacee, *Epistomina*. La famiglia delle *Globigerinidae* è sicuramente rappresentata a partire dall'Hauteriviano, ma le Globigerine diventano frequenti- sono ancora sempre di piccole dimensioni - a cominciare dall'Aptiano, livello nel quale i Foraminiferi cominciano ad assumere importanza come organismi costituenti il plancton. Localmente sono comuni anche le *Discorbidae*, mentre assumono importanza le *Buliminidae* e le *Ellipsoidinidae*. A questo punto le microfaune del Cretaceo inferiore presentano differenze sostanziali da quelle giurassiche.

Fra i grandi Foraminiferi giocano un ruolo fondamentale le *Orbitolinadae* con *Orbitolina*, diffusa dal Barremiano al Cenomaniano; localmente le Orbitoline hanno anche importanza litogenetica. Altri Foraminiferi arenacei di grandi dimensioni diffusi in questi livelli sono *Pseudocyclammina* e *Dictyoconus*.

Pure in questi livelli si incontrano per la prima volta, con grande abbondanza, microfaune a Miliolidi - in ambienti costieri - che assumono importanza litogenetica, insieme alle *Peneroplidae* e alle *Alveolinidae*.

Nel Cretaceo superiore i piccoli Foraminiferi differiscono profondamente da quelli del Cretaceo inferiore e del Giurassico. Le *Nodosariidae* perdono l'importanza che avevano avuto precedentemente, mentre si sviluppano le *Buliminidae*, le *Discorbidae* (gen. *Gyroidina, Stensiöina*), le *Heterohelicidae* (gen. *Heterohelix, Planoglobulina, Pseudotextularia*) e specialmente le famiglie di habitat planctonico delle *Globigerinidae*, delle *Globorotaliidae (Rotalipora, Praeglobotruncana)*, delle *Globotruncanidae* (gen. *Globotruncana, Abatomphalus, Rugoglobigerina*) e delle *Hantkeninidae* (gen. *Schackoina, Hastigerina*).

Fra i piccoli Foraminiferi del Cretaceo superiore sono particolarmente significativi, oltre alle Globotruncane che hanno una importanza fondamentale, i *Bolivinoides*, le Stensiöine, le Schackoine e le *Heterohelicidae* che hanno parecchi generi esculsivi appunto del Cretaceo superiore.

Fra i grandi Foraminiferi ricordo, oltre alle Orbitoline che raggiungono il Cretaceo superiore, alcune grandi Miliolidi (*Lacazina*), alcune grandi *Lituolidae (Pseudocyclammina)* e *Verneuilinidae (Cuneolina, Dicyclina)*. Dopo la scomparsa delle Orbitoline, si ha una grande diffusione di grandi Foraminiferi nel Senoniano superiore, dove le Orbitoidi e alcune grandi *Calcarinidae (Siderolites)* e *Miscellaneidae (Pseudosiderolites)* hanno uno sviluppo esplosivo.

TERZIARIO

Paleogene

Nelle microfaune a piccoli Foraminiferi il passaggio dal Cretaceo al Terziario è netto, senza transizioni; il cambiamento è dei più profondi. Scompaiono improvvisamente molti generi esclusivi

del Cretaceo superiore, fra cui il gen. *Globotruncana*, e i generi più evoluti appartenenti alle *Heterohelicidae*.

Nel Paleocene si ha una ricca microfauna planctonica a *Globigerina* e *Globorotalia* di tipo primitivo. Specie diverse compaiono nell'Eocene inferiore, mentre nell'Eocene medio fanno la loro comparsa i generi *Hentkenina*, *Catapsydrax*, *Porticulasphaera*.

I Foraminiferi bentonici appartengono a famiglie e a generi che in grandissima maggioranza sono tuttora viventi. Nel Paleogene e ancor più nel Neogene il riconoscimento dei vari livelli per mezzo dei piccoli Foraminiferi richiede determinazioni specifiche, essendo insufficienti quelle generiche per raggiungere lo scopo.

I grandi Foraminiferi sono molto comuni nel Paleogene, e spesso si presentano in tale abbondanza da acquistare importanza litogenetica. Il Paleogene è detto anche Nummulitico appunto per la caratteristica abbondanza delle Nummuliti nei terreni eocenici ed oligocenici. Le prime Nummuliti compaiono nel Paleocene superiore; le ultime si trovano nell'Oligocene. I grandi Foraminiferi del Paleogene sono prevalentemente a guscio calcareo perforato, e si presentano in condizioni ambientali di tipo epicontinentale caldo. Sviluppano specie di grandi dimensioni i generi *Orbitolites*, *Operculina*, *Heterostegina*, *Nummulites*, *Pellatispira*, *Amphistegina*, *Lepidocyclina*, *Discocyclina*, *Asterocyclina*, *Aktinocyclina*. Molti di questi generi hanno una notevole importanza stratigrafica, e sono estremamente utili per la datazione dei livelli.

Neogene

Le microfaune a piccoli Foraminiferi si evolvono gradualmente dal Paleogene, acquistando una ricchezza e una varietà di forme sempre maggiori; come ho già detto, per raggiungere datazioni pre-

cise occorre arrivare a determinazioni specifiche. Tra i Foraminiferi planctonici sono notevoli, nel Miocene, due generi appartenenti alle Globigerinidae, che rivestono importanza stratigrafica: il gen. *Globoquadrina*, che comprende forme del Miocene medio-inferiore, ed il gen. altamente specializzato *Orbulina*, che compare nella parte alta del Langhiano, persistendo nelle microfaune più recenti.

Le microfaune neogeniche sono in complesso simili a quelle attuali, essendo sempre più basse, man mano che ci si innalza nella serie terziaria, le percentuali di specie estinte.

Fra i grandi Foraminiferi del Neogene sono importanti specialmente le *Lepidocycline* (che si estinguono nel corso del Miocene), le *Miogypsine*, che sono forme tipicamente mioceniche, del Miocene medio e inferiore, alcune *Alveolinidae;* altri grandi Foraminiferi spesso assai abbondanti nel Miocene non rivestono importanza stratigrafica, essendo legati piuttosto alla facies.

QUATERNARIO

Le microfaune post-terziarie sono quasi identiche a quelle attuali. Riveste particolare importanza, in questo caso, la ricostruzione delle condizioni climatiche, in rapporto alle glaciazioni pleistoceniche. Non è possibile in questa sommaria rassegna dare delle indicazioni adeguate, poiché la stratigrafia micropaleontologica del Quaternario si differenzia nei suoi stessi metodi da quella riguardante i terreni più antichi.

MICROFOSSILI «INCERTAE SEDIS»

Sotto questo nome vengono raggruppati i microfossili di posizione sistematica non accertata. Il loro numero tende a ridursi col procedere delle ricerche, quando queste permettono di chiarire i loro rapporti con gruppi tassonomici noti. Così ad esempio i Discoasterídi e gli Histricosphaeridi, che in passato facevano parte degli « incertae sedis », hanno oggi una sistemazione abbastanza sicura.

Dei *Nannoconus* abbiamo già detto trattandoli in appendice ai nannofossili calcarei (Coccoliti e Discoasteridi).

Altri microfossili di notevole valore stratigrafico sono *Pithonella, Stomiosphaera, Cadosina, Oligostegina.*

Pithonella (vedi fig. 315) è una forma ovale, uniloculare, con sezione trasversale circolare, munita di una sola apertura, che si trova ad una estremità del guscio. La parete è calcarea e si presenta liscia verso l' esterno, rugosa internamente. Diffusa dall' Aptiano superiore al Senoniano inferiore in Spagna, nei Pirenei, in Germania, nelle Alpi, nei Carpazi, nel Messico, nell'Africa settentrionale, nel Caucaso ecc.,

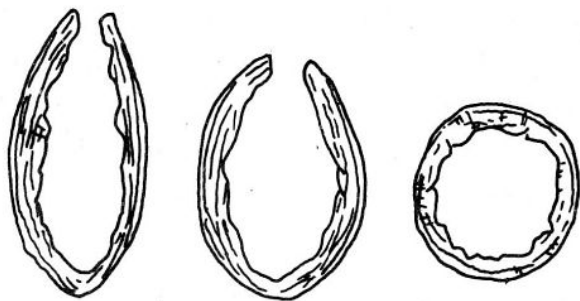



Fig. 315 - *Pithonella ovalis* (Kaufmann), dell'Albiano di Maiorca, x 400. Da *Colom.*

spesso è abbondantissima e si trova in calcari di tipo pelagico.

Stomiosphaera (vedi fig. 316). Guscio uniloculare, circolare o debolmente ovale, con un'apertura che nella specie-tipo (*Stomiosphaera moluccana* Wanner) prende da 1/3 a 1/2 del diametro massimo. Parete ialina, perforata, con struttura radiale manifesta.

Stomiosphaera è stata descritta da **Wanner** (che la riferiva ai Foraminiferi, fam. *Stomiosphaeridae*) nel Malm e nel Neocomiano degli arcipelaghi dell'Asia Orientale. Si trova comunemente anche in Italia nei calcari tipo «Biancone» e «Maiolica».

Fig. 316 - *Stomiosphaera moluccana* Wanner, x 210.

Cadosina (vedi fig. 317): guscio uniloculare di forma circolare od ovoidale, con una sola apertura. La sua parete ha una struttura porcellanacea, color bianco latte, opaca per trasparenza. L'apertura ha un diametro pari a circa la metà del diametro interno del guscio. La forma di questo è simile a quella di *Stomiosphaera*, ma la sua struttura è diversa, e questo permette il riconoscimento fra i due «generi».

Fig. 317 - *Cadosina fusca* Wanner, x 210.

Cadosina è stata descritta da **Wanner** nel Malm e nel Cretaceo inferiore dell'estremo Oriente. Forme simili, descritte da **Lombard** nel Giurassico superiore delle Alpi, sono da lui interpretate come zoospore di Tallofite.

Oligostegina è una forma che è stata spesso male interpretata e confusa con *Pithonella*. Con questo nome **Kaufmann** descrisse per la prima volte dei microorganismi formati da 2 o 3 camere sferiche, a parete calcarea, contenute in calcari cretacei della Svizzera. Queste forme sa-

rebbero probabilmente delle Globigerine giovanili, e il nome *Oligostegina* verrebbe dunque a cadere.

Sfere di vario tipo, chiamate anche «calcisfere» a causa della natura calcitica del guscio sono state descritte in varie località contenute in calcari di tipo pelagico. Sono state descritte anche «forme ovali» di dubbia posizione sistematica.

Ricordiamo un tentativo di organizzazione sistematica di queste forme «incertae sedis» fatto recentemente da **Bonet.** Egli ha riunito nella famiglia delle *Calcisphaerulidae* tutte le forme di incerta posizione sistematica caratterizzate da un guscio monotalamico più o meno isodiametrico, quasi sempre sferico, con una parete calcitica relativamente grossa. Vi può essere un'apertura permanente, oppure no. Possibilmente queste forme sarebbero Alghe pelagiche.

A questa famiglia appartengono i generi *Stomiosphaera* e *Pithonella* precedentemente descritti, e inoltre *Fibrosphaera* e *Calcisphaerula.*

Il genere *Fibrosphaera* comprende forme sferiche, del diametro di 15-30 micron, senza apertura, con un guscio a struttura fibroso-raggiata che non dà croce di estinzione a nicols incrociati. E' stato descritto da **De Lapparent** nell'Eocene di Hendaye, e forme simili si ritrovano nei mari attuali.

Calcisphaerula è definito come segue: organismi presumibilmente unicellulari e planctonici dei quali si conserva una conchiglia monotalamica, isodiametrica, provvista di una spessa parete calcitica, ben definita e senza aperture di nessuna specie. Il guscio è dell'ordine della frazione di millimetro.

Distribuzione dall'Albiano al Santoniano. Nella sinonimia dell'unica specie appartenente a questo genere (*Calcisphaerula innomina*

ta Bonet) l'autore pone diverse forme descritte come *Lagena sphaerica* e *Orbulinaria sphaerica.*

Chitinozoi

I Chitinozoi, noti specialmente per i lavori di **Eisenack,** ed assurti in seguito ad un rango piuttosto importante nella micropaleontologia del Paleozoico a causa del loro notevole valore stratigrafico, sono di incerta posizione sistematica. Il loro nome deriva dalla composizione del guscio, che si presenta nero o marrone; è estremamente resistente alle azioni meccaniche e chimiche, ma è diverso dalla chitina degli organismi attuali, e ancora più resistente di questa agli acidi.

Dell'ecologia dei Chitinozoi si sa ben poco; sono certamente marini, ma le opinioni sono divise sul fatto se essi siano pelagici o bentonici. Sono contenuti in rocce di tipo diverso come calcari, dolomie, noduli silicei ecc. e le faune che li accompagnano permettono entrambe le interpretazioni.

I Chitinozoi hanno una distribuzione stratigrafica limitata dall'Ordoviciano medio al Carbonifero. Sono noti in Europa (Montagne Noire, Galles, regione Baltica, Boemia), in America (Stati Uniti, Canada, Brasile), nell'Africa settentrionale (Sahara) ecc.

Morfologicamente, i Chitinozoi si distinguono per avere un guscio uniloculare di forma diversa: può essere a fiasco, globoso, conico o tubolare. Ad una estremità, che per convenzione si considera superiore, il guscio è aperto; all'altra, considerata come base, è chiuso. Le forme tubolari e, in parte, quelle coniche, non possiedono un collo distinto. Le altre possono presentare un collo cilindrico o biconico (concavo).

Il guscio può essere liscio o spinoso. Le spine possono essere semplici, bifide o ramificate; possono estendersi all' intero guscio o essere limitate alla parte inferiore.

Fig. 318 - *Conochitina communis* Taugourdeau, x 200. Siluriano dell'Aquitania. Da *Taugourdeau* 1961.

Eisenack, che si è occupato in particolare della tassonomia dei Chitinozoi, li considera come un ordine, che apparterrebbe ai Protozoi. Egli propone una classificazione formale e distingue tre famiglie:

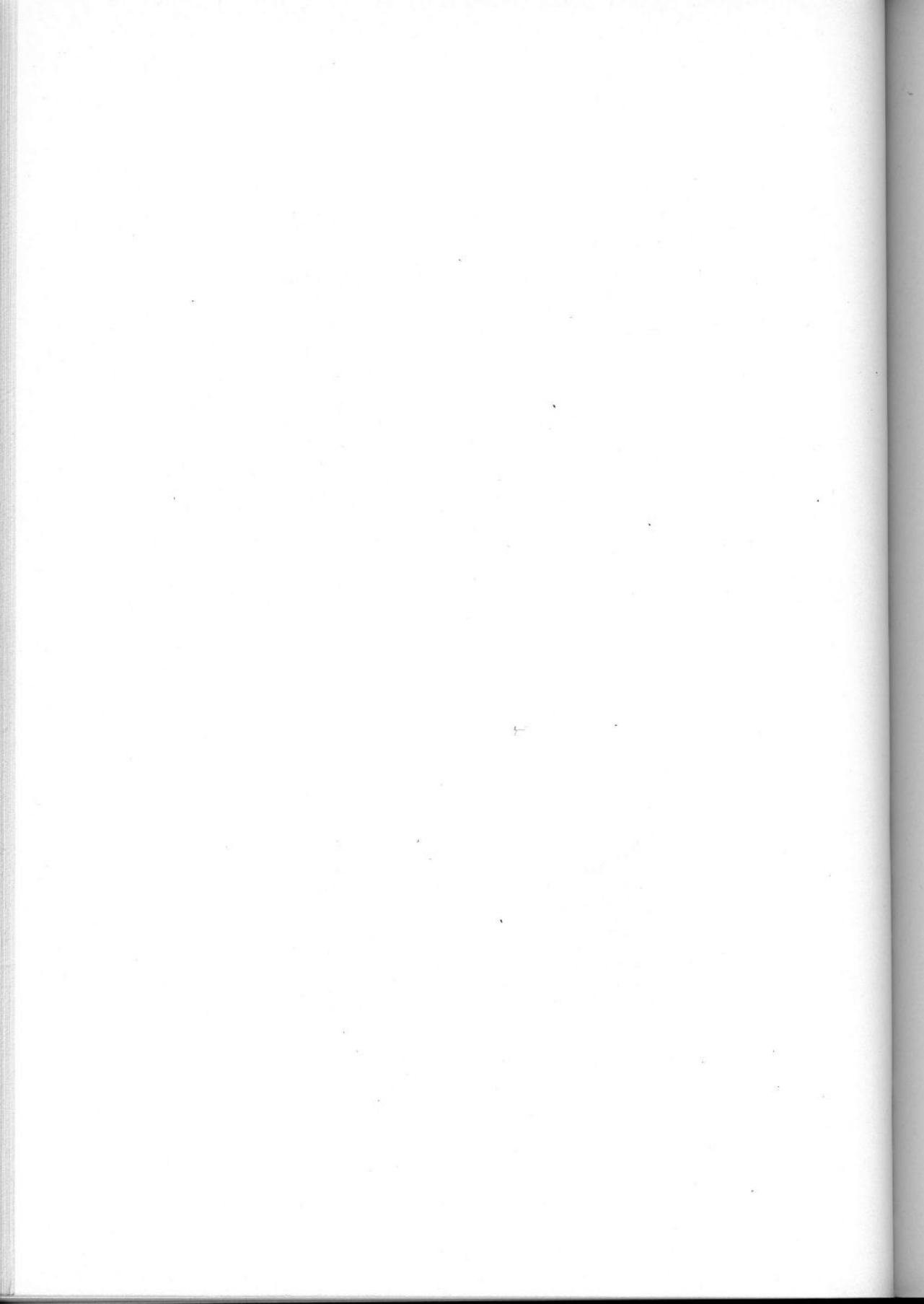
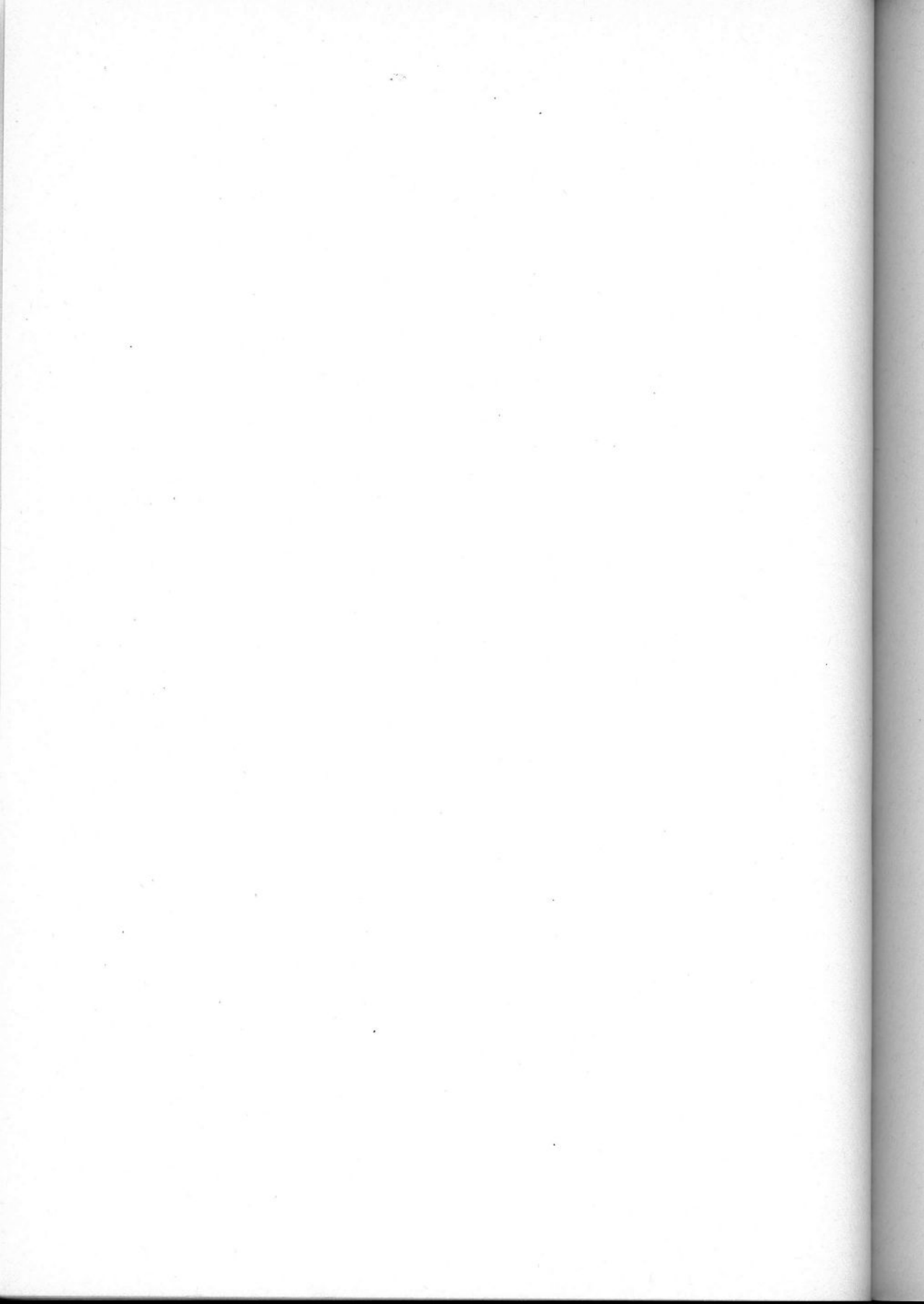
la prima *(Lagenochitinidae,* vedi fig. 319) comprende i Chitinozoi a forma di bottiglia, forniti sempre di un collo.

la seconda *(Conochitinidae,* vedi fig. 318) comprende le forme coniche, col massimo diametro in vicinanza della base, e quelle cilindriche.

la terza *(Desmochitinidae,* vedi fig. 320) comprende le forme coloniali, costituite da una catena di cellule sovrapposte.

Fig. 319 - *Angochitina crumena* Taugourdeau, x 200. Famenniano del Sahara. Da *Taugourgeau* 1961.

Secondo alcuni autori moderni, fra cui **Tougourdeau,** tutti i Chitinozoi sarebbero stati originariamente riuniti a formare delle catene di cellule uguali sovrapposte, anche se attualmente si trovano isolati nei sedimenti. Tutti i generi e le specie conosciute perciò rientrerebbero nella famiglia delle *Desmochitinidae*.

Fig.320 - *Desmochitina* sp., x 200. Llandovery del Sahara. Da *Taugourdeau* 1961.

PARTE III
(Stratigrafica)

BREVE RASSEGNA DELLE MICROFAUNE ITALIANE

In questa rassegna, che sarà breve dato il carattere del lavoro e per lo stesso motivo non sarà pienamente documentata, darò qualche notizia sulle microfaune finora descritte in Italia, seguendo l'ordine cronologico.

Gli autori citati sono solamente alcuni fra quelli che dedicarono la loro attività ad illustrare i caratteri micropaleontologici dei vari periodi e piani geologici, e sono stati scelti perchè i loro lavori sono apparsi particolarmente significativi sia dal punto di vista stratigrafico, sia da quello strettamente paleontologico.

PALEOZOICO

Il Paleozoico in Italia è scarsamente rappresentato. Terreni paleozoici in facies non metamorfica, databili direttamente per il loro contenuto fossilifero, sono noti soprattutto in Sardegna (dal Cambriano al Permiano), nella Carnia (Siluriano-Permiano) e in Sicilia (Permo-Carbonifero). Le regioni citate presentano affioramenti in facies marina; altrove - e più comunemente - il Paleozoico superiore ha facies continentale, spesso di scarso o nessun interesse micropaleontologico. Fra le formazioni di questo tipo ricordo il Carbonifero di La Thuile, in Val d'Aosta, gli scisti di Collio (Permiano), le arenarie di Val Gardena (Permiano).

La micropaleontologia del Paleozoico italiano è stata finora studiata in poche località ed è in complesso scarsamente conosciuta.

Nel 1963 sono apparse due note di autori italiani che descrivevano faune a Conodonti ritrovate nel Devoniano della Sardegna (**Pomesano Cherchi**) e delle Alpi Carniche (**Forti** e **Nocchi**).

Nella prima viene descritta un'associazione a *Belodus*, *Bryanthodus*, *Lonchodina*, *Spathognathodus* ecc., proveniente dai «Calcari a Clymenie» del Gerrei; la fauna a Conodonti conferma l' attribuzione al Devoniano superiore della formazione.

Nella seconda vengono descritte due associazioni provenienti dai «Calcari a Clymenie» del Pian di Zermula (Devoniano superiore) e dai «calcari mandorlati rossastri» affioranti a Casere Meledis, a nord di Paularo. Quest'ultima formazione, attribuita generalmente al Siluriano superiore, ha dato una associazione a Conodonti piuttosto ricca, indicativa del Devoniano inferiore. Nessuna delle specie trovate è comune ai due livelli. La specie più abbondante e caratteristica dei «calcari a Clymenie» è *Palmatolepis glabra elongata*, mentre la fauna dei «calcari rossi mandorlati» è dominata dai Conodonti appartenenti ai generi *Oneotodus* e *Spathognathodus*.

Il Carbonifero delle Alpi Carniche è noto da tempo per la sua ricchezza micropaleontologica. Le Fusulinidae sono state studiate soprattutto da **Schellwien** e **Gortani** e, più recentemente, da **Kahler.**

Recentemente **Pasini** (1963) ha illustrato alcune specie della classica serie dell'Auernig, al passo di Pramollo. Viene istituita la nuova specie *Fusulinella pramollensis* e sono descritti numerosi generi e specie di alto valore stratigrafico. In base alla loro distribuzione risulta che la serie dell'Auernig inizia nel Carbonifero superiore e che la sua sommità, là dove sono contenute *Staffella*, *Nankinella*, *Sphaerulina* ecc., appartiene già al Permiano basale.

Altri studi micropaleontologici sul Carbonifero pontebbano sono in corso da parte del prof. **Selli** e della sua scuola. Nel congresso in Carnia del settembre 1963 è stato annunciato anche lo studio delle spore ritrovate nel Carbonifero.

Fusuline e Schwagerine sono state trovate anche nel Permiano dei dintorni di Palermo, in esotici di grandi dimensioni. Fra gli stu

diosi che si occuparono dei fossili permiani del Palermitano, e in particolare dei Foraminiferi, ricordo **Gemmellaro, Silvestri** e **Gortani.**

Le associazioni a Fusulinidae della Valle del Sosio contengo no fra l'altro *Schwagerina yabei*, *Verbeekina verbeeki*, *Fusulina montipara*, *Fusulina prisca* (attribuzioni generiche secondo gli autori succitati).

In Sardegna pare che le Fusulinidae non siano presenti, essen do il Permo-Carbonifero prevalentemente continentale.

Oltre alle Fusulinidae - che sono i microfossili più importanti del Paleozoico italiano - ricordo le segnalazioni di Archaeociatidi nel Cambriano della Sardegna, di Coralli nel Siluriano e nel Devoniano del la Carnia, di Radiolari nel Permiano di Montenotte (**Parona**).

Nel Permiano superiore (calcare a *Bellerophon*) delle Dolomiti sono state descritte recentemente associazioni ad Alghe (**Accordi** 1956 **Praturlon** 1963) e a Foraminiferi (**Loriga** 1960).

Le associazioni a Foraminiferi del « calcare a Bellerophon» del la Val Badia, Val Marebbe e Val Gardena contengono i generi *Nodosinella*, *Calcitornella*, *Monogenerina*, *Geinitzina*, *Lunucammina*, *Hemigordius*, *Nodosaria*, *Globivalvulina* e un nuovo genere appartenente alle Reophacidae, *Praethomasinella*.

Le Gymnocodiaceae ed il genere *Atractyliopsis* sono stati stu diati da **Accordi**, che ha istituito le nuove specie *Gymnocodium bellerophontis* e *Atractyliopsis lastensis*. Più recentemente sono state illustrate le Dasycladaceae, che sono rappresentate dai generi *Vermipo rella*, *Macroporella*, *Physoporella* e *Mizzia*, e descritte due nuove specie: *Macroporella preromangica* e *Physoporella laevis* (**Praturlon** 1963).

L'associazione in parola è caratterizzata dall' abbondanza di *Geinitzina* e *Nodosaria* e denota un ambiente neritico, in accordo col significato delle associazioni ad Alghe.

Un'associazione simile a quella del « Calcare a Bellerophon» per la ricchezza in Nodosariidae, ma profondamente diversa da quella per altri caratteri, quali la mancanza di Globivalvuline e di altri generi caratteristici è stata studiata recentemente da **Luperto** nel «Calcare di Abriola», una formazione permiana descritta da **Azzaroli** nel 1962 di particolare interesse perchè rappresenta l'unico Permiano marino dell'Italia peninsulare (Abriola è presso Potenza). I risultati sono finora noti solo in piccola parte: è stato istituito il nuovo genere *Abriolina*, riferito alle Nodosariidae, per dei Foraminiferi a guscio calcareo costituito da due strati differenziati, uno esterno ialino ed uno interno granulare, con avvolgimento a spirale trocoide ombelicata.

MESOZOICO

Le conoscenze micropaleontologiche sul Mesozoico italiano sono più vaste di quelle sul Paleozoico, specialmente per il periodo Cretaceo. Per gli altri periodi (Triassico, Giurassico) gli studi pubblicati fino a pochi anni fa riguardavano prevalentemente l'Italia settentrionale e non ci permettevano di conoscere appieno i caratteri micropaleontologici del Mesozoico inferiore e medio. Da qualche tempo però si è risvegliato un certo interesse anche per il Mesozoico antico, di cui sono state illustrate numerose microfacies caratteristiche nonché microfaune di grande valore stratigrafico.

Triassico

Gli autori che si sono occupati con una certa ampiezza di micropaleontologia triassica sono **Gümbel, Parona, Pia, Mariani, Oberhauser, Kristan-Tolmann.** Numerosissini studiosi poi hanno segnalato microfossili in diversi orizzonti e località.

Dei vari piani in cui viene suddiviso il Trias, i più interessanti sono quelli raggruppati nel Trias superiore (Carnico, Norico, Retico), dai quali provengono le uniche microfaune a Foraminiferi isolati descritte finora in Italia.

Quasi sconosciuto micropaleontologicamente è il Trias inferiore; negli «strati di Siusi» del gruppo della Marmolada, **Rossi** (1962) ha segnalato la presenza di Ostracodi e di *Aeolisaccus* cf. *dunningtoni* Elliott.

Il Trias medio presenta caratteri micropaleontologici totalmente diversi nelle serie calcareo-dolomitiche di scogliera, dove dominano le Alghe calcaree, e nelle serie marnoso-calcaree, nelle quali recentemente, e soprattutto nella parte alta del Ladinico e nel Carnico, sono state trovate delle associazioni a Foraminiferi.

Le Alghe calcaree più rappresentate nel Trias medio sono le Dasycladaceae, coi generi *Diplopora, Macroporella, Teutloporella:* le singole specie hanno un notevole valore stratigrafico e permettono di riconoscere l'Anisico dal Ladinico. Finora le Dasycladaceae del Trias medio e superiore delle Alpi Meridionali sono note soprattutto per le opere di **Pia**; sono in corso ricerche su questo gruppo di fossili. Nelle Alpi Occidentali recentemente **Michard** (1963) ha affrontato lo studio delle Alghe calcaree nel Trias delle Alpi Cozie Meridionali: nelle dolomie della Val Cavoira ha identificato *Diplopora annulata debilis* e *D.* cf. *philosophi gracilis*, che indicano l'Anisico terminale.

Ricche faune a Foraminiferi in gran parte costituite da specie nuove sono state descritte da **Oberhauser** nel Ladinico e nel Carnico delle Dolomiti. Premetto che il termine Ladinico è inteso da questo autore, come pure dalla **Kristan-Tollmann**, in un senso diverso da quello usato generalmente in Italia: esso comprende nella sua parte superiore il Cordevolico, che corrisponde agli «strati di San Cassiano».

Fra le numerose specie istituite da **Oberhauser** (1960), ricordo

i Foraminiferi:

Spiroloculina praecursor,

* *Polytaxis seelandensis* (1),

* *Pseudoglandulina rosenbergi,*

* *Falsopalmula dolomitica,*

* *Lingulina klebelsbergi,*

Globigerina mesotriassica,

Globigerina ladinica,

e inoltre una forma di incerta posizione sistematica descritta come un nuovo genere: *Ladinosphaera geometrica,* della sella di Settsass.

Seri dubbi sono stati avanzati da diverse parti sulla reale posizione sistematica delle «Globigerine» descritte dall'autore viennese. Più recentemente lo stesso **Oberhauser** ha istituito un altro nuovo genere su esemplari provenienti dal Ladinico superiore (=Cordevolico) di Pratopiazza: *Pragsoconulus robustus,* un Foraminifero a guscio arenaceo, di forma conica e struttura interna labirintica, che è considerato di incerta famiglia.

Altre numerose specie e due generi nuovi sono stati eretti dalla **Kristan-Tollmann** (1960) su materiale proveniente dagli strati di San Cassiano nella loro regione-tipo (Pralongià, Pedraces, nella valle di San Cassiano):

Variostoma pralongense,

Variostoma exilis,

Diplotremina astrofimbriata, specie-tipo del gen. *Diplotremina,*

Duostomina biconvexa, specie-tipo del gen. *Duostomina,*

Duostomina alta,

Duostomina turboidea.

(1) Le specie contrassegnate da un asterisco provengono da Pratopiazza, a N del Monte Cristallo; le altre dalla sella di Settsass (Richtofen Riff. presso il Falzarego). Entrambi i livelli, riferiti al Ladinico, corrispondono agli strati di S. Cassiano.

Queste forme, riferite inizialmente alle *Discorbidae*, sono state successivamente raggruppate dalla stessa **Kristan-Tollmann** (1963) nella nuova famiglia delle *Variostomidae*.

A parte questi interessanti ritrovamenti con nuove forme, le associazioni a Foraminiferi del Trias sono complessivamente poco conosciute: le faune, specialmente nel Trias superiore, sono dominate dalle *Nodosariidae* coi generi *Nodosaria, Cristellaria, Lingulina, Frondicularia, Lagena* ecc. Un'altra famiglia generalmente ben rappresentata è quella delle *Ophtalmidiidae (Trocholina, Involutina* ecc.). Associazioni a Nodosarie e Frondicularie sono state recentemente illustrate da **Pirini** e **Mosna** (1963) negli scisti neri a Bactrylli del Retico dell'Appenninico centrale (l'unica specie riconosciuta è *Frondicularia* aff. *woodwardi*). Le facies calcareo-dolomitiche del Trias superiore contengono Alghe calcaree, fra le quali ricordo *Gyroporella vesiculifera*, tipica del Norico; nel Retico-Hettangiano della Gola della Rossa (AGIP 1957) sono segnalate *Solenopora, Cayeuxia, Lithoporella, Teutloporella, Macroporella, Diplopora* e rari Foraminiferi (Nodosariidae e forme arenacee).

In Lombardia le segnalazioni micropaleontologiche più recenti riguardano il Retico: **Belloni** (1960) ha descritto una faunula a Nodosariidae, Foraminiferi arenacei ed Ostracodi al M. Rena (Bergamo); **Villa** (1959) ha trovato un livello a coproliti nel Retico medio del M. Resegone (Como) e lo ha ritrovato nel Retico dell'Alta Valtellina, prov. Sondrio (1962).

Giurassico

La micropaleontologia del Giurassico italiano era ben poco conosciuta fino a pochi anni fa: ultimamente però si sono fatte molte ri-

cerche, specie sulle microfacies, data la natura prevalentemente calcarea dei sedimenti giurassici italiani.

Fra gli autori che hanno descritto microfaune o microfacies giurassiche ricordo i nomi di **Barbieri, Cati, Cita, Colom, Crescenti, Farinacci, Ferasin, Forti, Gianotti, Kamptner, Mariani, Marrocu, Maync, Neviani, Parona, Pirini, Raffi, Sampò, Sartoni, Schweighauser, Selli, Squinabol, Tedeschi, Villa, Vinassa, Zanmatti, Zia.**

Lias

Fino a pochi anni fa le notizie micropaleontologiche sul *Lias* riguardavano una microfauna a piccoli Foraminiferi descritta da **Parona** (Prealpi Lombarde), alcune associazioni a Radiolari del Piemonte e della Lombardia, i livelli a spicole di Spugne delle Prealpi, le Orbitopselle dei «Calcari grigi» del Veneto e poco più. Oggi si hanno invece conoscenze molto più ampie, se pure non ancora esaurienti, sia sulle serie di tipo batiale, sia su quelle neritiche e reefoidi.

Nella serie liassica del Monte Albenza sono state distinte (**Cita** et a. 1959) diverse cenozone caratterizzate da resti di Crinoidi, da spicole di Spugne e Radiolari, da resti di molluschi pelagici (*Posidonia*). I Foraminiferi mancano nella zona inferiore e sono rari nelle seguenti, rappresentati esclusivamente da Nodosariidae.

Nella serie del Monte Baldo una zona a grandi Foraminiferi arenacei è stata distinta nel Lias inferiore e medio, e una a Miliolidae ed Ophtalmidiidae dal Lias superiore al Dogger. La parte media dei «calcari grigi» del Monte Baldo, con banchi a *Lithiothis* e Terebratule, riferibile al Domeriano, contiene *Solenopora liassica*, *Thaumatoporella* Lituolidae, Textulariidae, Valvulinidae, Ophtalmidiidae e inoltre *Orbitopsella praecursor*, *Orbitopsella* sp., *Coskinolinopsis* sp., *Haurania amiji* e *Pseudocyclammina* sp. (**Maync** 1959).

Associazioni ad *Haurania*, *Pseudocyclammina* e *Thaumatoporella parvovesiculifera* si trovano alla sommità del Domeriano-tipo (**Cita** 1964).

Un nuovo Lituolide, *Lituosepta recoarensis* è stato descritto da **Cati** (1959), nel Lias di Recoaro.

Sempre nell'Italia settentrionale sono state descritte microfacies a Molluschi pelagici, spicole di Spugne, «filamenti algali» e Radiolari nel Lias superiore del Bresciano ed è stato istituito il genere *Paleothrix* (**Ferasin** 1956) per delle supposte Alghe filamentose del Lias superiore del Friuli. Questo genere è successivamente caduto e le cosiddette «Alghe filamentose» sono oggi generalmente interpretate come Lamellibranchi pelagici.

Ricordo ancora l'associazione a *Spirillina liassica* (= *Involutina liasina*) e *Spirillina ticinensis* descritta da **Schweighauser** nel Lias di Arzo.

Involutina liassica, in associazione con *Frondicularia* sp., è stata segnalata da **Villa** (1962) nel Lias del M.Motto sopra Livigno (Alpi Retiche).

Sul Lias dell'Italia centrale si hanno soprattutto notizie concernenti le microfacies (AGIP 1957, **Raffi** e **Forti** 1960).

Le ricerche della **Farinacci** (1959) sul Lias dei Monti Martani segnalano, nel Lias inferiore, Dasycladacee, Solenoporacee e, fra i Foraminiferi, *Valvulina*, *Textularia*, *Trochammina*, *Glomospira*, *Robulus*. Nel Lias medio: Dasycladacee, *Globochaete alpina*, e, oltre ai Foraminiferi già citati per il Lias inferiore, *Nodosaria*, *Frondicularia exagona*, *Lagena*, *Ophtalmidium*, *Tetrataxis conica*, *Vidalina martana*, *Vidalina* sp., *Nautiloculina*, *Involutina* e poi ancora Radiolari, Ostracodi, resti di Spugne, di Echini, scleriti di Oloturie, *Stomiosphaera asdadensis* ecc. Il Lias superiore contiene Alghe filamentose, *Spirillina infima*, *Jaculella liassica*, *Ophtalmidium cornuspiroides*, *Tubinella*

inornata, *Nodosaria*, *Robulus*, Radiolari, Ostracodi e vari resti inorganici.

Nel recente studio di **Sartoni** e **Crescenti** (1963) sul Mesozoico dell'Appennino Meridionale, troviamo distinta nel Lias un'ampia zona a *Palaeodasycladus mediterraneus*, suddivisa in tre parti di cui la media, riferibile al Lias medio, contiene *Orbitopsella praecursor* e la superiore, riferibile al Lias superiore, contiene *Lituosepta recoarensis*.

In Sicilia, **Barbieri** (1959) distingue in corrispondenza della «formazione Villagonia» (Lias) una zona a grosse Alghe comprendente una sottozona superiore ad Ostracodi rostrati (con *Bairdia*, *Ogmoconcha*, Radiolari e spicole di Spugne) ed una sottozona inferiore a *Jaculella liassica* contenente, oltre al Marker di zona: *Frondicularia major*, *Marginulina prima*, *Dentalina*, *Nodosaria*, *Lingulina tenera*, spicole di Spugne ecc.

Dogger

Nel *Dogger* i microfossili sono piuttosto abbondanti e naturalmente variano a seconda del tipo di sedimentazione.

Nelle serie pelagiche le microfaune sono spesso costituite da Radiolari, che a volte sono tanto abbondanti da assumere una vera importanza litogenetica (radiolariti). Sono ben rappresentati specialmente i Nassellina, che presentano una grande varietà di generi e di specie, insieme ai più primitivi Sphaerellari (gen. *Cenosphaera*). Le associazioni a Radiolari sono spesso accompagnate da Foraminiferi appartenenti soprattutto alle famiglie delle Nodosariidae, con qualche forma arenacea (Textulariidae, Verneuilinidae) e da Ostracodi pelagici.

Si hanno anche associazioni a spicole di Spugne e Posidonie.

Nella parte mesogiurassica della formazione «Giardini» in Sicilia (**Barbieri**), sono distinte due sottozone, una superiore a *Robulus quenstedti*, con *Lenticulina subalata* e *L. munsteri*, ed una inferiore a *Pleurocythere*, con *Lophocythere*, *Cytheropteron*, *Palmula deslongchampi*, *Ramulina*, *Glandulina*.

Nel Dogger sono segnalate anche *Globochaete* (probabili spore di Alghe clorofìcee) e dei piccoli Foraminiferi a camere globulose, diffusi anche nel Giurassico superiore, che sono stati descritti come «Globigerinae» da **Colom**, «pseudo-Globigerine» (**Zanmatti**), «proto-Globigerine» (**Gianotti**). La posizione sistematica di queste forme, che appaiono in sedimenti di tipo pelagico ed hanno un notevole valore stratigrafico, essendo limitate al Giurassico medio e superiore (1), non è chiarita, soprattutto perchè non si conosce con precisione la reale natura del guscio di questi Foraminiferi.

Associazioni che rientrano nei tipi ora descritti si trovano nelle Prealpi lombarde, nella Valle dell'Isonzo, nelle serie appenniniche caratterizzate da sedimenti pelagici e in Sicilia.

Le facies epicontinentali del Dogger sono spesso caratterizzate da calcari oolitici, con associazioni ad articoli di Crinoidi (Monte Baldo), a *Rhapydionina*, *Dictyoconus cayeuxi*, Meandropsinidae (Monte Morrone, Abruzzi), a Miliolidae, Textulariidae, frammenti di Gasteropodi, *Lithoporella* ecc. (Appennino laziale).

Sempre nel Lazio, nei Monti Aurunci, **De Castro** (1963) ha segnalato un'associazione a *Meyendorffina bathonica* e *Pfenderina salernitana* in calcari riferibili al Giurassico medio.

Maggiori dettagli biostratigrafici si trovano nel già citato lavoro di **Sartoni** e **Crescenti** (1963) sul Mesozoico dell' Appennino Meridio

(1) Recentemente però *Mosna* (1963) ha trovato queste forme insieme ed una associazione a Tintinnidi del Berriesiano-Valanginiano nella «serie della Rocchetta», prov. di Trento.

nale. Nell'intervallo compreso fra il Lias superiore e la base del Cretaceo essi distinguono dal basso all'alto le seguenti cinque zone:
- la prima, a *Thaumatoporella parvovesiculifera*, corrisponde al Bajociano e Bathoniano inferiore. I fossili più comuni di questa zona, il cui marker ha una diffusione assai ampia estendendosi per tutto il Giurassico fino al Cretaceo, sono le Trocholine ed un nuovo genere di Dasycladacea, denominato *Selliporella*, con *Selliporella donzellii* come specie-tipo.
- la seconda zona, a *Pfenderina salernitana*, corrisponde al Bathoniano superiore. Oltre che dalla specie-guida (nuova), è caratterizzata da *Meyendorffina bathonica*, *Cladocoropsis mirabilis* ecc.
- la terza zona, a *Kurnubia palastiniensis* (una specie più nota nella letteratura italiana come *Valvulinella jurassica*) corrisponde al Calloviano-Lusitaniano. In essa è diffusa *Macroporella sellii*, una Dasycladacea descritta da **Crescenti** (1959) nel Malm dell'Italia meridionale. Quest'alga ha una distribuzione limitata alla parte inferiore della zona suddetta.
- la quarta zona, a *Clypeina jurassica* e *Vaginella striata*, corrisponde al Kimmeridgiano e al Titonico inferiore. In questa zona e nella seguente i Foraminiferi hanno un'importanza subordinata rispetto alle Dasycladaceae (vi sono *Clypeina jurassica*, *C. parva*, *Salpingoporella annulata* e la nuova specie *S. apenninica*); vi sono inoltre coproliti (*Favreina salevensis*) e Molluschi.

A proposito di questa zona ricordiamo che la distribuzione di *Clypeina jurassica* appare più ristretta secondo **Sartoni** e **Crescenti** di quanto non risulti da una nota di **Neviani** (1960), e che la forma descritta come *Vaginella striata* da **Carozzi** è risultata, da un'accurata ricerca della **Farinacci** (1963) appartenere alle Teredini anzichè agli Pteropodi, per cui va chiamata *Bankia striata*.

- l'ultima zona appartenente al Giurassico, a *Salpingoporella apennini ca*, corrisponde al Titonico superiore. Anche qui i microfossili più importanti sono le Dasycladaceae e vi sono inoltre coproliti di crostacei ed oogoni di Characee.

Malm

Nel *Malm* le associazioni di tipo pelagico sono costituite prevalentemente da Radiolari, da Molluschi pelagici, e contengono *Globochaete* anche nei livelli anteriori al Titonico. I Foraminiferi sono in complesso molto rari: oltre alle «proto-Globigerine» precedentemente descritte, si notano scarse Nodosariidae e poche altre forme. Fra i Radiolari, abbondano sempre i Nassellina, accompagnati da frequenti Sphaerellari.

Fra gli autori che hanno studiato i Radiolari del Giurassico italiano (specialmente del Giurassico superiore) ricordo **Parona, Rüst, Vinassa, Pantanelli, Neviani, Degli Innocenti**; sono state illustrate faune provenienti dalle Alpi Cozie, dal Canavese, dal Varesotto, dall'Appennino Bolognese, dalla Toscana.

Il Titonico è facilmente riconoscibile nelle serie di sedimentazione pelagica. In tutte quelle recentemente descritte e zonate in Italia, il Titonico è contraddistinto da una zona a *Saccocoma* e *Globochaete*, che precede di poco la grande faunizona a Tintinnidi. Questa comprende anche i livelli inferiori del Cretaceo: nella parte giurassica è caratterizzata dai genere *Calpionella*, con le specie *C. alpina* e *C. elliptica*, e *Crassicollaria*, con *C. intermedia*, *C. parvula*, *C. massutiniana* (**Cita** 1964). Nel Titonico di tipo pelagico si incontra comunemente *Stomiosphaera moluccana*.

Nella parte superiore del Titonico sono stati trovati anche i primi *Nannoconus*. Il tipo del *Nannoconus steinmanni* proviene dal Titoni

co delle Alpi Feltrine. La stessa specie è stata trovata al Puez (Dolomiti) insieme a *Nannoconus dolomiticus* in un livello riferibile al Titonico (**Cita** e **Pasquaré** 1959). Anche al Monte Generoso (Canton Ticino meridionale) *Nannoconus dolomiticus* caratterizza la parte superiore del Titonico (**Pasquaré** 1960).

Nelle serie a sedimentazione epicontinentale, eventualmente anche di scogliera, il Giurassico superiore ha un contenuto micropaleontologico caratteristico, del quale abbiamo già detto trattando del Dogger dell'Appennino Meridionale. Ricordo ancora la recente istituzione di una Dasycladacea (*Teutloporella socialis*) nel Malm del Monte Corno, in Abruzzo (**Praturlon** 1963).

Serie analoghe per contenuto micropaleontologico, anche se non studiate con pari dettaglio, sono note nel Friuli orientale, in Sicilia, e sono state recentemente segnalate anche in Sardegna (**Maxia** 1963). In sondaggi eseguiti nell'isola di S.Antioco questo autore ha riconosciuto nel Giurassico superiore ben otto zone (a coproliti, a Lagenidae, ad Alghe, a *Trocholina elongata* ecc.).

Cretaceo

Il Cretaceo è assai meglio conosciuto dei periodi precedenti, anche per la ricchezza delle sue microfaune. Nei terreni di età anteriore al Cretaceo è raro che si arrivi a definire l'età di un livello in base al suo contenuto micropaleontologico: questo può avvenire in alcuni casi particolari, quando le associazioni siano particolarmente ricche e significative, ma di regola si parte da terreni già datati per altra via, e le zonazioni di recente proposte hanno un valore relativo, non assoluto. Per i terreni cretacei e post-cretacei invece, anche a causa delle maggiori conoscenze che si hanno a disposizione, è molto

spesso possibile datare direttamente i terreni per mezzo del loro contenuto micropaleontologico.

Fra gli autori che si sono occupati della micropaleontologia del Cretaceo italiano ricordo **Bally, Barbieri, Bolli, Borsetti, Cisi, Cita, Colom, Crescenti, di Napoli, Farinacci, Ferasin, Floridia, Forti, Gandolfi, Geranzani, Gianotti, Lipparini, Lombardi, Lucini, Luterbacher, Marchesini, Marrocu, Martinis, Masella, Montanari, Montanaro-Gallitelli, Orlini, Pasquaré, Pirini, Premoli, Proto, Raffi, Reichel, Renz, Ruggieri, Rüst, Sampò, Sartoni, Selli, Serpagli, Silvestri, Squinabol, Tedeschi, Venzo, Zanzucchi, Zappi, Zia** ecc.

Dividiamo il Cretaceo in inferiore (coi piani Berriasiano, Valanginiano, Hauteriviano, Barremiano, Aptiano e Albiano nell'ordine) e superiore coi piani Cenomaniano, Turoniano, Senoniano e Maastrichtiano: il Senoniano è diviso nei sottopiani Coniaciano, Santoniano e Campaniano.

Il Cretaceo inferiore in facies pelagica è caratterizzato da Tintinnidi nella sua parte bassa. La faunizona a Tintinnidi, distinta da diversi autori, comprende i piani dal Berriasiano al Valanginiano, spingendosi a volte fino all'Hauteriviano. Le associazioni a Tintinnidi del Cretaceo inferiore sono facilmente distinguibili da quelle del Titonico: scomparse le Crassicollarie e in forte diminuzione le Calpionelle (1), le associazioni sono dominate dai generi *Tintinnopsella* e *Calpionellites*. In base alla distribuzione e alla frequenza delle varie specie è possibile distinguere il Berriasiano ed il Valanginiano. La massima frequenza delle Calpionelle e affini si trova nel Titonico superiore; poi diminuisce gradualmente. Nell'Hauteriviano la presenza di singoli esemplari è eccezionale: questi appartengono nella massima parte dei casi ai generi più specializzati *Amphorellina* e *Salpin-*

(1) Nel Berriasiano troviamo *Calpionella elliptica* e la piccola varietà di *C. alpina;* più in alto soltanto *Calpionella oblonga.*

gellina.

I livelli compresi fra l'Hauteriviano e l'Aptiano-Albiano presentano spesso un contenuto micropaleontologico costituito in prevalenza da Radiolari. Questi appartengono in buona parte ai *Nassellina*, e fra le forme più significative segnaliamo i gen. *Sethocapsa, Dicolocapsa, Stichocapsa, Dictyomitra, Lithocampe* ecc. Le associazioni a Radiolari del Cretaceo inferiore delle Dolomiti sono state descritte da **Rüst** (1885) e da **Cita** e **Pasquaré** (1959); quelle del Monte Baldo, che appartengono all'Aptiano-Albiano, sono state studiate recentemente da **Cita** (1964). I Radiolari del Cretaceo superiore veneto invece sono noti soprattutto per i lavori di **Squinabol**, che risalgono all'inizio di questo secolo.

Nell'Hauteriviano-Barremiano delle Dolomiti sono state recentemente descritte (**Cita** e **Pasquaré** 1959) associazioni a piccole *Globigerina hoterivica* e *Globigerina infracretacea:* sarebbe questa la più antica segnalazione di sicuri Foraminiferi planctonici. Gli stessi livelli contengono ricche associazioni a *Nannoconus*, con *N.steinmanni, N. globulus, N.kamptneri, N.colomi* ecc.

Associazioni a *Nannoconus* sono state segnalate anche nell'Appennino marchigiano e in Sicilia.

Nel membro Hybla della formazione Alcamo (facies « lattimusa») in Sicilia, **Barbieri** distingue nella parte inferiore all'Aptiano-Albiano una zona a *Nassellaria* con prevalente *Dictyomitra*, seguita verso l'alto da una zona a *Lenticulina eichenbergi*. Altrove, in serie di tipo pelagico (M.Albenza, M.Baldo, Montagna dei Fiori) sono state distinte zone a Radiolari con Nodosariidae e a volte con Globigerine primitive in corrispondenza della parte alta del Neocomiano e del Barremiano, fino alla base dell'Aptiano.

L'Aptiano-Albiano nelle serie pelagiche è caratterizzato dal grande sviluppo dei Foraminiferi planctonici. Compaiono prima i

generi *Hedbergella* (con forme di piccole dimensioni) e *Globigerinelloides*. Recentemente **Ruggieri** (1964) ha segnalato *Globigerinelloides algeriana* nell'Aptiano della Sicilia Occidentale. Fanno poi la loro comparsa i generi *Ticinella (T.roberti)*, *Biticinella (B. breggiensis)* e le Clavihedbergelle, mentre si sviluppano diverse specie di *Hedbergella*, anche di grandi dimensioni. Alla fine dell' Albiano compaiono le Thalmanninelle *(T.ticinensis)*, le Planomaline *(P.buxtorfi)* e le Praeglobotruncane *(P.delrioensis)*. Le tipiche Rotalipore invece *(R.appenninica)* appaiono nel Cenomaniano.

Le prime descrizioni di microfaune di questo tipo sono state fatte da **Gandolfi** (1942) nella serie della Breggia. Successive ricerche hanno modificato gran parte delle attribuzioni generiche, ma hanno convalidato la successione delle specie.

La serie di Gubbio, illustrata da **Renz** nel 1936, riferiva al Cenomaniano gli «scisti a Fucoidi» nei quali **Luterbacher** e **Premoli Silva** (1962) hanno individuato associazioni a Hedbergelle, Biticinelle, Clavihedbergelle ecc., che indicano l'Aptiano-Albiano.

Insieme a una associazione di questo tipo, nell'Aptiano-Albiano della Valle del Boite (Dolomiti) sono stati recentemente segnalati per la prima volta in Italia *Nannoconus truitti* ed altre forme ad essa associate, caratteristiche dell'Aptiano-Albiano di Cuba (**Cita** e **Rossi** 1959).

Alla sedimentazione pelagica fin qui esaminata si oppone quella neritica, con calcari di scogliera, dal contenuto micropaleontologico completamente diverso, dato da grandi Foraminiferi in prevalenza a guscio arenaceo (Cuneoline, Orbitoline, *Dictyoconus*) o calcareo imperforato (*Miliolidae, Ophtalmidiidae*), da Alghe Dasycladaceae *(Salpingoporella)* ecc. Calcari neritici del Cretaceo inferiore sono diffusi nel Friuli ed Istria, nell' Appennino centro-meridionale (« facies abruzzese»), in Sicilia e in Sardegna.

Studi biostratigrafici dettagliati sui calcari neritici dell'Appennino Meridionale hanno permesso a **Sartoni** e **Crescenti** (1963) di distinguere tre zone nel Cretaceo:

- la prima, a *Cuneolina camposaurii* (specie nuova) comprende quasi tutto il Cretaceo inferiore, dal Valanginiano all'Aptiano: in quest'ampia zona troviamo notevoli differenze fra le associazioni della parte inferiore, che contengono ancora molte alghe comuni alla sottostante zona a *Salpingoporella apenninica*, e la parte superiore, alla quale sono limitate ad esempio *Salpingoporella dinarica, Cuneolina hensoni, Orbitolina* spp. e *Bacinella irregularis*. Oltre al fossile-guida, anche un'altra nuova specie di *Cuneolina* è limitata a questa zona: *C. laurentii*.
- la seconda, a *Cuneolina pavonia parva*, comprende l'Albiano ed il Cenomaniano. Vi si trovano *Nezzazata simplex, Barkerina* sp. *Aeolisaccus kotori* ecc.
- la terza, a *Cuneolina pavonia parva* e *Dicyclina schlumbergeri*, corrisponde al Turoniano e Senoniano ed è caratterizzata dall'apparizione della seconda specie. Sono limitate alla parte inferiore di questa zona *Cisalveolina fallax, Pseudolituonella reicheli* ed *Edomia iranica* mentre *Accordiella conica*, una nuova Verneuilinida descritta dalla **Farinacci** (1962) come caratteristica del Senoniano inferiore, appare estesa a tutto il Senoniano.

Altri lavori recentemente pubblicati sul Cretaceo inferiore dell'Appennino centrale sono quelli di **De Castro** (1963) e di **Sirna** (1963), entrambi riguardanti il noto «livello marnoso a Orbitoline» che si rinviene nel Lazio e in Campania e la cui età è stata discussa ed erroneamente interpretata in passato. Entrambi gli autori, indipendentemente, sono arrivati al medesimo risultato, riferendolo all'Aptiano. **De Castro** descrive una nuova sottospecie di Codiacea: *Boueina hochstetteri montcharmonti*; **Sirna** descrive una nuova Characea: *Atopo-*

chara reticulata. L'associazione a Characee contiene anche *Atopochara trivolvis* e *Clavator harrisi*, due specie mai segnalate prima in Italia ed indicative dell'Aptiano. Il livello a Characee corrisponde cronologicamente a quello a Orbitoline, col quale ha in comune la presenza di *Salpingoporella dinarica.*

Fra i più recenti contributi usciti sulla micropaleontologia dei «calcari in facies urgoniana» dell'Italia, ricordo quello di **Montanari** (1964) che ha istituito una nuova specie di Orbitolina, denominata *O. praecursor* nel Barremiano del Monte Pellegrino, presso Palermo; quello di **Dieni, Massari** e **Moullade** (1964) sul Cretaceo inferiore dei dintorni di Orosei. In un livello riferito al Barremiano sommitale, è stata trovata una associazione ricca di Alghe calcaree, fra cui *Arabicodium aegagrapiloides, Actinoporella podolica, Munieria baconica, Salpingoporella dinarica, Bacinella irregularis, Aeolisaccus* ecc. e di Foraminiferi arenacei. Particolarmente ben sviluppato il genere *Orbitolinopsis*, con *O. flandrini flandrini, O. cuvillieri, O. elongatus* n.sp. ed *O. subkiliani* n.sp.; sono inoltre presenti *Coskinolina sunnilandensis, Dictyoconus walnutensis, Iraquia minima, Pseudocyclammina hedbergi* ecc.

Ed infine quello di **Maxia** (1963) sull'isola di S. Antioco (Sardegna sud-occidentale). Sono stati riconosciuti il Valanginiano, il Barremiano e l'Aptiano-Albiano; il contenuto micropaleontologico è dato da Alghe (*Munieria baconica, Salpingoporella, Clypeina inopinata, Macroporella* ecc.) e da Foraminiferi, fra cui *Orbitolina, Cuneolina, Dictyoconus* ecc.

Il Cretaceo superiore in facies pelagica è ben conosciuto in Italia per la ricchezza del suo contenuto micropaleontologico, che permette determinazioni e datazioni piuttosto precise anche su serie studiate in sezioni sottili.

Le associazioni a Globotruncane del Cretaceo superiore italia

no sono molto ricche di specie: dalla serie di Gubbio proviene il tipo della *Rotalipora appenninica* (**Renz** 1936). Dalla serie della Breggia, che non è completa verso l'alto terminando nel Turoniano, provengono i tipi di molte specie caratteristiche di Globotruncane e di Schackoine descritte da **Gandolfi** e da **Reichel.** Le associazioni a Globotruncane della serie di Tignale (**Cita** 1948) erano all'epoca in cui furono descritte le più ricche di specie fra quelle allora conosciute.

Nel Cenomaniano prevalgono le Hedbergelle, le Praeglobotruncane (*P.stephani*) e le Rotalipore (gruppo della *Rotalipora appenninica*); fino al Cenomaniano non si trovano che forme unicarenate, mentre nel Turoniano iniziano le vere Globotruncane (gruppo della *G.lapparenti*) con due carene; il Senoniano si differenzia dal Turoniano, che ha una fauna relativamente povera, per la ricchezza delle sue associazioni a Globotruncane, che presentano specie diverse, unicarenate e bicarenate (*G.arca, G.rosetta, G.fornicata* ecc.) e sono accompagnate da frequenti *Heterohelicidae*. Nella parte superiore del Senoniano notiamo la comparsa di forme di grandi dimensioni e di forme coniche (*G. contusa, G.caliciformis* ecc.), l'abbondanza di *Globotruncana stuarti*, la comparsa del genere *Abathomphalus* ed il ritorno di forme unicarenate di tipo primitivo (*Praeglobotruncana citae*).

Oltre che da Globotruncane e forme affini, le associazioni del Cretaceo superiore sono formate da altri Foraminiferi planctonici appartenenti alle famiglie delle *Hantkeninidae* (gen. *Schackoina* con varie specie), delle *Globigerinidae* e delle *Heterohelicidae* (gen. *Heterohelix, Pseudotextularia, Planoglobulina* ecc.). Le forme bentoniche sono in complesso scarse, ma possono essere significative: ricordo *Reussella szajnochae*, varie specie di *Stensiöina* e di *Bolivinoides* ecc.

Associazioni di questo tipo sono comuni nell'Italia settentrionale, nell'Appennino settentrionale e centrale e in Sicilia, dovunque

il Cretaceo superiore sia rappresentato da serie di sedimentazione pelagica. Associazioni ricche di Schackoine sono state descritte nello Appennino settentrionale (**Montanaro, Zanzucchi**) e in Sicilia (**Masella**).

Alla fine del Maastrichtiano si nota una rapida e improvvisa scomparsa di tutte le Globotruncane, nonché dei generi più specializzati fra quelli appartenenti alle *Heterohelicidae*.

Nei calcari di scogliera, assai diffusi nel Cretaceo superiore italiano (Friuli, Istria, Gargano, vaste zone dell'Appennino centro-meridionale, alcune località siciliane), il contenuto micropaleontologico è pure ricco e caratteristico, ed è formato in prevalenza da grandi Foraminiferi. Ricordo le associazioni a frammenti di Rudiste, Gasteropodi, eventualmente Corallari, Crinoidi, Textulariidae, Miliolidae e *Orbitolina conoidea* del Cenomaniano. Nelle facies detritico-organogene sono ben rappresentate anche le Alghe (Sifonee, *Thaumatoporella, Microcodium*).

Ricordo la recente istituzione, da parte della **Colalongo** (1964) di un nuovo genere di *Alveolinidae*, denominato *Sellialveolina*, con *S. viallii* come specie-tipo, proveniente dal Cenomaniano dell'Appennino Meridionale. Di *Accordiella conica* e della successione di faune trovata nel Cretaceo superiore dell'Appennino Meridionale da **Sartoni** e **Crescenti** abbiamo già detto trattando del Cretaceo inferiore.

Nei calcari a Rudiste del Carso (**Martinis** 1962) si trovano associazioni a *Miliolidae, Ophtalmidiidae, Valvulinidae, Thaumatoporella* ecc. nel Turoniano inferiore; a *Dicyclina, Miliolidae* ecc. nel Senoniano. Nel calcare di Aurisina (**Cita** 1964) è stata trovata *Bradya tergestina* in associazione con *Dicyclinae*.

Il Maastrichtiano è ricco specialmente di Orbitoidi, e di *Siderolites* e forme affini; ricordo i generi *Orbitoides, Clypeorbis, Omphalo-*

cyclus, *Simplorbites*, *Siderolites*, che possiedono specie di alto valore stratigrafico.

Le faune ad Orbitoidi senoniano-maastrichtiano più note d'Italia sono quelle della Brianza, del Monte Conero (Marche), dell'Umbria meridionale, della Sicilia (Termini Imerese e Pachino).

TERZIARIO

Le conoscenze sul terziario italiano sono vaste e approfondite molto più di quelle sui terreni più antichi. L'Italia è anzi un paese dove i terreni terziari sono particolarmente estesi e ben rappresentati, per cui il loro studio è molto importante, anche dal punto di vista micropaleontologico.

Distinguiamo nell' era terziaria due periodi: Paleogene e Neogene, e cinque sottoperiodi: Paleocene, Eocene, Oligocene, Miocene, e Pliocene. Dei molti piani distinti nel Terziario, considereremo solo quelli ben definiti nei loro caratteri micropaleontologici.

Paleogene

Il Paleogene è detto anche «Nummulitico» per la presenza di questi Foraminiferi altamente significativi; è assai diffuso in tutta Italia. Il Paleogene è uno dei periodi le cui microfaune sono meglio caratterizzate per la presenza di famiglie e generi della massima importanza stratigrafica.

Le serie paleogeniche a Nummuliti ed altri grandi Foraminiferi delle Prealpi venete sono famose e vengono considerate classiche per la provincia mediterranea. Nelle serie a piccoli Foraminiferi si notano sensibili analogie con le microfaune di altre parti della Tetide.

Di tutti i microfossili presenti nel Paleogene, i Foraminiferi sono senz'altro i più importanti oltre che i più diffusi; fra gli altri sono comuni specialmente gli Ostracodi, le Alghe calcaree, i Radiolari, i Briozoi ecc.

Degli autori di studi micropaleontologici sul Paleogene ricordo specialmente **Azzaroli, Bally, Boussac, Castellarin, Checchia Rispoli, Dainelli, De Stefani, Douvillé, Floridia, Fabiani, Hottinger, Lorenz, Luperto, Montanari, Pavlovec, Prever, Renz, Roveda, Schaub, Schweighauser, Silvestri, Szöts, Vialli, Zinoni** (grandi Foraminiferi); **Barbieri, Bolli, Cita, Dallan, di Napoli, Emiliani, Ferasin, Gandolfi, Gianotti, Gümbel, Hagn, Hantken, Liebus, Martinotti, Pericoli, Petters, Proto Decima, Schubert, Selli, Silvestri** (piccoli Foraminiferi) e inoltre **Marrocu, Pirini, Sampò, Tedeschi, Zanfrà** ecc.

Paleocene

Il Paleocene, compreso fra il Cretaceo superiore e l'Eocene inferiore, è ben definito micropaleontologicamente in Italia, sia nelle serie di tipo pelagico, sia in quelle di ambiente epicontinentale. Il più recente e completo lavoro sul Paleocene in sedimentazione pelagica è quello di **Luterbacher** e **Premoli Silva** (1964), che illustra la biostratigrafia del limite Cretaceo-Terziario in numerose serie rilevate nella «Scaglia» dell'Umbria e delle Marche. In esso vengono distinte sette zone basate sui Foraminiferi planctonici, due di più di quelle individuate da **Bolli** e **Cita** (1960) nella serie di Paderno d'Adda, in Lombardia. In questa erano distinte, dall'alto al basso le seguenti zone:

a *Globorotalia velascoensis*

a *Globorotalia pseudomenardii*

a *Globorotalia pusilla pusilla*

a *Globorotalia uncinata*

a *Globorotalia trinidadensis / Globigerina daubjergensis*,

che rappresentavano tutte le zone a planctonici riconosciute nell'America centrale. Ma **Luterbacher** e **Premoli Silva** hanno potuto elaborare una biostratigrafia ancora più fine, essendo meglio rappresentati nelle serie dell'Appennino centrale i livelli più bassi del Paleocene. Al di sotto delle zone a *Globorotalia trinidadensis* essi hanno distinto una zona a *Globorotalia pseudobulloides/Globigerina daubjergensis* ed una nuova zona, denominata zona a *Globigerina eugubina*, che è caratterizzata da una fauna interamente nuova, costituita dalle specie *G. eugubina*, *G.anconitana*, *G.umbrica*, *G.sabina* e *G.minutula*. Tutte queste specie hanno delle dimensioni estremamente ridotte ed una distribuzione stratigrafica limitatissima: esse non superano infatti la loro biozona, che ha uno spessore massimo di circa mezzo metro.

Questa zona a *Globigerina eugubina* è riferita al Daniano, insieme alle soprastanti a *Globorotalia pseudobulloides* e *G.trinidadensis* (pars), e rappresenta un livello estremamente basso del Daniano, che non è rappresentato nella serie-tipo di questo piano. I riferimenti ai piani delle altre zone sono come segue:

- al Montiano-Thanetiano le zone a *G.trinidadensis* (pars), G.*uncinata*, *G.pusilla pusilla* e *G.pseudomenardii* (pars);
- all'Ilerdiano la zona a *G.pseudomenardii* (pars), la zona a *G.velascoensis* e una parte della soprastante zona a «*G.rex*».

Nelle serie di tipo epicontinentale il Daniano è spesso caratterizzato dalla presenza di *Miscellanea miscella*. A volte si hanno associazioni a *Microcodium* o episodi con sedimentazione continentale.

Secondo gli studi più recenti sul «Liburnico» nella sua regione-tipo (**Pavlovec** 1963) pare che esso si sviluppi interamente nel Paleocene. Corrisponderebbe al Daniano alla base, mentre la parte me-

dio-superiore sarebbe un corrispondente cronologico del Montiano, Thanetiano ed Ilerdiano (pars). L'Ilerdiano sarebbe infatti rappresentato in parte dai «calcari principali ad Alveoline» che sovrastano alla serie liburnica, nei quali **Hottinger** (1960) ha istituito le nuove specie *Alveolina laxa* ed *A.triestina.*

Nel Paleocene appaiono le prime Discocycline, appartenenti a tipi primitivi *(D.seunesi, D.douvillei);* vi sono inoltre Alveoline, Gypsine, *Halkyardia* e le prime Asterocycline. Nel Paleocene superiore compaiono le prime Nummuliti, primitive e di piccole dimensioni *(N. atacicus, N.exilis).*

In base a ricerche recenti sulle Discocycline (**Schweighauser** 1953), sui piccoli Foraminiferi (**Cita** e **Bolli** 1961), sulle Nummuliti (**Schaub** 1962) risulta che gli «strati di Spilecco», che rappresentano lo stratotipo dello Spilecciano (= Eocene inferiore secondo **Fabiani**), sono riferibili al Paleocene superiore o Ilerdiano (zona a *Globorotalia velascoensis*).

Eocene

Nelle serie di tipo pelagico è possibile fare una distinzione fra Eocene inferiore, medio e superiore basandosi soprattutto sulla distribuzione delle Globorotalie e delle Hantkenine.

L'Eocene inferiore presenta caratteri di transizione dal sottostante Paleocene all'Eocene medio, che è ben riconoscibile per la comparsa di generi nuovi e per la ricchezza delle sue faune. Nella serie di Paderno sopracitata **Bolli** e **Cita** (1960) hanno potuto distinguere tre zone dal basso in alto: a *Globorotalia rex*, a *Globorotalia formosa formosa* e a *Globorotalia aragonensis*. I markers di zona sono accompagnati da numerose altre specie planctoniche, fra le quali ricordo *Globorotalia broedermanni, Globigerina gravelli, G.prolata, G. soldadoen-*

sis ecc.

L'Eocene medio si distingue dall'inferiore per la comparsa dei generi *Hantkenina, Clavigerinella, Porticulasphaera,* che permangono fino all'Eocene superiore e si estinguono prima dell'Oligocene (secondo alcuni le prima Hantkenine apparirebbero già nell'Eocene inferiore) Le Globorotalie, che nel Paleocene ed Eocene inferiore costituivano la parte più importante del plancton, cominciano a diminuire di importanza nell' Eocene medio: ricordiamo *Globorotalia aragonensis* e *G.centralis*. Fra le Hantkenine, sono state segnalate in Italia *H.dumblei, H. liebusi, H.mexicana, H.alabamensis* e recentemente (**Pericoli** 1958) anche *H.longispina*.

Fra le Globigerine, oltre alle forme tipicamente eoceniche *(G. eocaena, G.linaperta, G.senni* ecc.) comincia ad apparire *G. venezuelana*, che continuerà poi in livelli più recenti. Il gen. *Porticulasphaera (P.mexicana)* compare nella parte alta dell'Eocene medio, come pure *Clavigerinella*.

Nell'*Eocene superiore* continua la diminuzione delle Globorotalie (sono specie tipiche dell'Eocene superiore *Globorotalia centralis* e *G.cerro-azulensis)* e la presenza dei generi caratteristici sopra riportati. Si nota inoltre la comparsa del gen. *Catapsydrax (C.dissimilis),* che continuerà poi attraverso tutto l'Oligocene fino alla parte inferiore del Miocene. Nell'Eocene superiore della Sicilia è stato segnalato il genere *Globigerinatheka* (**Gianotti** 1958). Il gen. *Hantkenina* è rappresentato nell' Eocene superiore dalle specie *alabamensis* e *suprasuturalis* (**Hagn** 1956), ed è accompagnato dal gen. *Cribrohantkenina* (**Dieni** e **Proto Decima** 1961). Il benthos eocenico è scarso numericamente e, pur contenendo forme significative, è meno importante agli effetti stratigrafici sia per la predominanza del plancton, sia perchè le specie esclusive dell' Eocene sono molto rare (es. *Dorothia eocenica*) mentre molte raggiungono l'Oligocene (es. *Clavulinoides szaboi, Cibicides*

cushmani, C.mexicanus, Parrella mexicana ecc.). Ricordo ancora *Anomalina dorri, Cibicides perlucidus, C.limbatus* ecc.

Le associazioni a Foraminiferi sono generalmente accompagnate da Ostracodi, denti di Squali, radioli di Echini, otoliti ecc. che finora però sono stati trascurati dai micropaleontologi, anche per la prevalente importanza dei Foraminiferi.

Microfaune del tipo di quelle ora considerate sono state segnalate in Lombardia, nel Trentino, nella parte occidentale del Veneto (nel Veneto l'Eocene è più spesso nummulitico o con facies diverse), nell'Appennino settentrionale e centrale, in Sicilia ecc.

L'Eocene in facies organogena è caratterizzato dall'abbondanza di grandi Foraminiferi, fra i quali occupano il primo posto le Nummuliti, seguite dalle Discocycline, Alveoline, Assiline, Operculine ecc. Le associazioni sono spesso accompagnate da abbondanti alghe calcaree *(Lithothamnium, Lithophyllum, Corallina, Jania* ed altre), Briozoi ecc. Nella serie veneta (Prealpi fra Verona e Vicenza) illustrata dal **Fabiani,** che è considerata classica, questo autore riconosce dal basso in alto i seguenti piani: *Spilecciano, Luteziano* (con i tre orizzonti di Monte Postale, di San Giovanni Ilarione e di Roncà), *Priaboniano.*

Le ricerche recenti hanno però messo in dubbio alcuni dei riferimenti cronologici di **Fabiani.**

Come abbiamo già riferito, gli strati di Spilecco sono ora attribuiti al Paleocene superiore. In base alle ricerche sui grandi Foraminiferi (Discocycline, Nummuliti, Alveoline) sono risultati appartenere al Cuisiano (=Eocene inferiore) gli «strati di Monte Postale», il «membro di Chiampo» inferiore e il «piano di Rosazzo», tutti riferiti precedentemente al Luteziano.

Nella datazione dei terreni eocenici a grandi Foraminiferi è utile tener presente queste osservazioni: le Nummuliti iniziano nel Paleocene superiore, hanno numerose specie caratteristiche nell'Eocene

inferiore e medio, alcune delle quali raggiungono grandi dimensioni. Nell'Eocene superiore italiano (specie dell'Italia settentrionale) è caratteristica la presenza del *Nummulites fabianii*, dalla distribuzione verticale limitata al Priaboniano. Le Discocycline cominciano nel Paleocene, hanno il loro massimo sviluppo nel Luteziano e continuano fino alla fine dell'Eocene con specie significative. Il genere *Asterocyclina* inizia nel Paleocene ed è caratteristico dell'Eocene, come pure il gen. *Aktinocyclina*. Entrambi raggiungono il loro massimo sviluppo nel Luteziano. Le Alveoline sono presenti nel Paleocene e nell'Eocene: nell'Ypresiano e nel Luteziano vi sono Alveoline flosculinizzate.

I generi *Operculina* ed *Heterostegina* sono comuni nell'Eocene; il secondo fa la sua comparsa nel Luteziano. Il genere *Assilina* è caratteristico dell'Eocene inferiore e medio e non raggiunge il Priaboniano. E' invece tipico del Priaboniano un altro genere appartenente alle Nummulitidae, *Pellatispira*, mentre *Spiroclypeus* comincia nell'Eocene superiore e si spinge verso livelli più alti.

Altri generi di notevole importanza stratigrafica nell'Eocene sono *Fabiania*, *Orbitolites*, *Baculogypsinoides*, *Chapmanina* e *Linderina*.

Oltre che nel Veneto, faune a grandi Foraminiferi sono state descritte in numerose altre regioni italiane, specie nell'Appennino e in Sicilia.

Gli studi più recenti sui grandi Foraminiferi dell'Eocene italiano hanno portato fra l'altro all'istituzione delle seguenti nuove specie:

- *Nummulites friulanus* (**Schaub** 1962) del «piano di Rosazzo» (Cuisiano superiore);
- *Nummulites retiatus* (**Roveda** 1959) del Priaboniano della Maiella (Abruzzo);

- *Nummulites stellatus* (**Roveda** 1961) del Priaboniano-tipo;
- *Alveolina indicatrix* (**Hottinger** 1960) del Cuisiano inferiore di Malo (Vicenza);
- *Alveolina dainellii* (**Hottinger** 1960) del Cuisiano superiore di Buttrio (Udine);
- *Alveolina palermitana* (**Hottinger** 1960) del Luteziano inferiore di Bagheria (Palermo);
- *Alveolina vicentina* (**Hottinger** 1960) del Luteziano inferiore di Gecchelina di Malo (Vicenza);
- *Alveolina stipes* (**Hottinger** 1960) della base del Luteziano di Malo;
- *Alveolina munieri* (**Hottinger** 1960) del Luteziano medio di San Giovanni Ilarione;
- *Alveolina fragilis* (**Hottinger** 1960) del Luteziano superiore delle colline di Verona.

Oligocene

L'Oligocene del Veneto viene suddiviso da **Fabiani** in Sannoisiano (« strati di Sangonini »), Stampiano (« strati di Castelgomberto ») e Cattiano («strati di Lonedo»), è nummulitico e presenta una serie classica, se pure meno famosa di quella eocenica. Altri autori adottano una diversa suddivisione e distinguono nell'Oligocene: Lattorfiano, Rupeliano e Cattiano.

Nelle serie di tipo batiale, a piccoli Foraminiferi, si distinguono generalmente due soli livelli: l'Oligocene inferiore ed il medio-superiore, che hanno microfaune ben caratterizzate.

La conoscenza delle microfaune oligoceniche italiane è di data molto recente, perchè fino a pochi anni fa non erano stati pubblicati studi in proposito. Ora si sa che l'Oligocene inferiore presenta spes

so delle associazioni molto ricche di Foraminiferi a guscio arenaceo appartenenti a famiglie piuttosto primitive. Ricordo i generi *Haplophragmium*, *Ammobaculites*, *Cyclammina*, *Bathysiphon*, *Recurvoides*; una specie molto caratteristica per l'Oligocene inferiore è *Clavulinoides szaboi*. Accanto agli arenacei troviamo Foraminiferi bentonici a guscio calcareo con forme in complesso simili a quelle dell'Eocene medio-superiore. Il plancton oligocenico si distingue da quello eocenico per la scomparsa delle Hantkenine e di molte Globorotalie; parecchie specie di *Globigerina* e generi vicini sopravvivono dall'Eocene medio-superiore. In particolare è caratteristica dal plancton oligocenico l'associazione *Catapsydrax dissimilis-Globigerina venezuelana*.

Nel 1959 la **Borsetti** ha istituito alcune nuove specie di Foraminiferi planctonici provenienti dalla formazione delle «marne variegate» (più conosciuta come formazione dei «red beds») dei dintorni di Vigoleno, in provincia di Piacenza. La fauna è riferibile all'Oligocene inferiore e contiene *Catapsydrax gortanii*, *Catapsydrax venzoi* e *Globoquadrina sellii*. Questa ultima specie è stata descritta quasi contemporaneamente da **Banner** e **Blow** (1960) col nome di *Globoquadrina oligocenica* e rappresenta secondo questi autori un fossile-guida dell'Oligocene inferiore.

Il benthos della parte medio-superiore della serie oligocenica si distingue da quello dell'Oligocene inferiore per una maggior ricchezza e varietà di forme, fra le quali si notano numerose specie descritte originariamente in America. Relativamente abbondanti le Ellipsoidinidae (gen. *Pleurostomella*, *Ellipsoidina*, *Nodosarella*) e le Buliminidae, fra le quali si annoverano parecchie specie significative, (es. *Uvigerina havanensis*, *U.mexicana*, *U.rustica*, *Bulimina palmerae* ecc.). Le Anomalinidae sono pure interessanti, se pure non quanto le Buliminidae poiché quasi tutte le specie oligoceniche sono diffuse anche nell'Eocene medio-sup.

Le associazioni a Foraminiferi sono spesso accompagnate da rari Ostracodi, radioli di Echini, otoliti ecc.

Microfaune del tipo di quelle ora descritte si trovano nell'appennino vogherese, in Lombardia («Gonfolite» del Varesotto e del Comasco), nel sottosuolo della Pianura Padana e in Sicilia.

L'Oligocene a Nummuliti o - in generale - a grandi Foraminiferi è invece presente nel Veneto, nell'Appennino Meridionale, in alcune località siciliane e in genere dove - anche nei terreni più antichi - sono sviluppate facies calcaree organogene.

Le nummuliti dell'Oligocene sono più piccole e meno numerose di quelle eoceniche. Caratteristica la coppia *Nummulites intermedius-N. fichteli*, cui segue verso l'altro il *Nummulites vascus*. Verso la fine del periodo cominciano le prime Lepidocycline, che però raggiungono la loro massima diffusione, nonché le maggiori dimensioni, nell'Aquitaniano (Miocene inferiore). Anche le Amphistegine sono presenti nelle associazioni oligoceniche: oltre ai Foraminiferi, i calcari contengono spesso colonie di Briozoi e localmente anche di Coralli, e ricche flore a Melobesie.

Fra i più recenti lavori sui grandi Foraminiferi dell'Oligocene italiano, ricordo la nota di **Montanari** (1961) che descrive l'Oligocene medio a Nummuliti nei dintorni di Sciacca; quella di **Cita** e **Scipolo** (1962) che segnala il ritrovamento di *Chapmanina gassinensis*, una specie ritenuta esclusiva dell' Eocene medio e superiore, nell' Oligocene inferiore del Monte Baldo e quella della **Luperto** (1962) che descrive una fauna dell'Oligocene superiore della Terra d'Otranto con numerose specie di Lepidocycline e inoltre *Miogypsinoides complanata*, *Operculina complanata* e *Spiroclypeus blanckenhorni*. Sul preciso significato cronologico delle Lepidocycline però non tutti gli autori concordano: **Lorenz** (1959) ad esempio riferisce all'Aquitaniano un livello, attribuito precedentemente all'Oligocene inferiore, del bacino

Terziario Piemontese, contenente delle Lepidocycline in massima parte identiche a quelle che la **Luperto** attribuisce all'Oligocene superiore. In base a questa datazione, confermata in un successivo lavoro di **Lorenz** (1963) l'autore afferma che la trasgressione terziaria non è riferibile al Tongriano, ma all'Aquitaniano.

Neogene

Il Neogene italiano è ancora meglio conosciuto del Paleogene; di quest'ultimo infatti erano note essenzialmente le faune a grandi Foraminiferi, ricche e famose, mentre le conoscenze sulle microfaune vere e proprie sono di data piuttosto recente. Nel Neogene invece i grandi Foraminiferi sono nettamente meno importanti ai fini stratigrafici (eccettuate le Miogypsine), mentre la ricchezza e varietà delle microfaune a piccoli Foraminiferi nonché il buono stato di conservazione dei fossili, hanno invogliato gli studiosi ad occuparsene fin dai tempi più remoti. La micropaleontologia italiana del secolo scorso e quella dei primi decenni del '900 infatti riguarda quasi solo i terreni neogenici, specialmente dall'Elveziano in su. Fra gli autori della prima generazione ricordo **Carnevale, Corti, De Amicis, Dervieux, Egger, Fornasini, Neviani, Prever, Seguenza, Silvestri, Stefanini, Stella, Vinassa, Zanon**; di quelli della nuova generazione ricordo, fra i tanti: **Accordi, Ascoli, Barbieri, Cita, Decima, Dieci, di Napoli, Dondi, Drooger, Ferasin, Gianotti, Iaccarino, Lipparini, Martinis, Mistretta, Montanaro-Gallitelli, Ogniben, Perconig, Pezzani, Premoli, Proto Decima, Ruggieri, Ruscelli, Selli, Socin, Tedeschi, Zanfrà, Zappi, Zinoni.**

Il Neogene è diviso in due sotto-periodi: Miocene e Pliocene.

Miocene

In base alle più recenti ricerche il Miocene italiano viene suddiviso in cinque piani, e precisamente, dal basso in alto: Aquitaniano, Langhiano, «Elveziano» (1), Tortoniano, Messiniano, Il Langhiano ed il Tortoniano sono definiti nelle località indicate dal nome: benché la loro definizione originale non sia basata sulle microfaune, pure queste sono assai ben caratterizzate nel Bacino Terziario Piemontese, come pure le microfaune elveziane.

Non si possono dare delle indicazioni d'insieme sulle microfaune mioceniche, perché le variazioni sono troppo grandi dall' Aquitaniano - che ha ancora moltissime affinità oligoceniche - al Miocene superiore, già simile per molti aspetti al Pliocene inferiore.

Sull'Aquitaniano si è molto discusso, per la sua inclusione nell'Oligocene piuttosto che nel Miocene. L'opinione d'oggi corrente è quella qui espressa: ciò non toglie che le microfaune a piccoli Foraminiferi siano in complesso assai simili a quelle oligoceniche. Il plancton è praticamente tutto oligocenico: nel benthos si nota la scomparsa delle forme di Ellipsoidinidae e Buliminidae caratteristiche dell'Oligocene medio-superiore, o almeno una forte diminuzione. Più frequente diviene *Uvigerina rustica*, che è accompagnata da alcune forme considerate tipiche dell'Aquitaniano dagli studi più recenti: *Cibicides mantaensis*, *Karreriella subcyclindrica*, *Planulina osnabrugensis* e *Bolivina tectiformis*.

Nei depositi aquitaniani finora studiati - scarsi, e quasi tutti situati in Alta Italia - si nota poi una marcata e costante abbondanza

(1) Il termine «Elveziano» è messo fra virgolette poiché, in base ad uno studio stratigrafico di *Cita* e *Elter* (1960) è risultato da una correlazione fra le serie-tipo del Langhiano e la serie miocenica della Collina di Torino che il Langhiano è, per quasi la metà del suo spessore, di età elveziana. Per questo non si potrebbe chiamare Elveziano il piano successivo al Langhiano. Dato però che l'Elveziano è assai mal definito nei suoi caratteri stratigarfici e paleontologici, in attesa di una completa revisione dei termini cronostratigrafici del Miocene, provvisoriamente adotto questa denominazione.

di Radiolari.

L'Aquitaniano a grandi Foraminiferi è caratterizzato dalla presenza di Lepidocycline spesso abbondanti e di grandi dimensioni *(L. dilatata, L.tournoueri)*. Non vi sono specie esclusive dell'Aquitaniano: quelle citate si trovano anche nell'Oligocene superiore, ma spesso le Lepidocycline sono accompagnate da Miogypsine, forme queste assai caratteristiche e inconfondibili per la loro forma oltre che per la struttura interna, esclusive del Miocene. La regione classica per le Miogypsine è la collina di Torino, dove recentemente **Drooger** ha potuto riconoscere una successione di forme che vanno dall'Aquitaniano all'Elveziano. Le forme aquitaniane sono specialmente *Miogypsinoides complanata* e *Miogypsina gunteri*. Oltre che in Piemonte, le Miogypsine si trovano in Lombardia, nell'Italia meridionale (**Selli** 1959) in Sicilia (Miocene in facies iblea).

Le associazioni aquitaniane contengono spesso Amphistegine Melobeste, Briozoi, ed altri organismi coloniali.

Le microfaune del Langhiano sono spesso costituite in grande maggioranza da forme planctoniche. Il plancton langhiano si differenzia nettamente da quello aquitaniano, che presenta affinità oligocenica. Qui si notano due fatti interessanti: la comparsa delle prime Orbuline, appartenenti ad un genere altamente specializzato che inizia in Italia appunto nel Langhiano, e lo sviluppo delle Globoquadrine, comparse nell'Oligocene ed estendentisi verso l'alto al massimo fino all'« Elveziano » (salvo *Globoquadrina altispira,*). Da una revisione del Langhiano delle Langhe è risultato (**Cita** e **Premoli** 1960), che la comparsa di *Orbulina suturalis* avviene nella parte alta del Langhiano. Nel Langhiano-tipo sono state distinte tre biozone, basate su altrettante specie caratteristiche di Foraminiferi pelagici. Esse sono, dal basso in alto: una zona a *Globoquadrina langhiana* (nuova specie affi-

ne alla *G.obesa* e caratteristica della parte inferiore del Langhiano), una zona a *Globigerina bollii* (altra specie nuova dalla distribuzione verticale caratteristica) ed infine la zona a *Orbulina suturalis*.

Altre specie planctoniche comuni nel Langhiano sono *Globigerinoides triloba*, *G.glomerosa* con numerose varietà, che precedono la comparsa delle vere Orbuline, e *Globorotalia mayeri*. Fra le forme bentoniche sono significative *Bolivina reticulata*, *Uvigerina barbatula*, *Planulina renzi*, *Parrella mexicana*, *Chilostomelloides oviformis* ecc.

Gli Ostracodi del Langhiano-tipo sono stati recentemente illustrati da **Oertli** (1961). La fauna, interamente nuova, è costituita da specie appartenenti ai generi *Cytherella*, *Krithe*, *Henryhowella*.

Il Langhiano si incontra con i caratteri ora descritti lungo lo Appennino settentrionale, nel Bacino Terziario Piemontese, nel sottosuolo della Pianura Padana, in Sicilia ecc.

In certe località del Piemonte sono caratteristiche del Langhiano marne e Pteropodi.

Nell'Appennino settentrionale sono state descritte faune a Radiolari e Silicoflagellate.

In alcune località piemontesi, nel Veneto, nell'Italia meridionale, in Sicilia (facies iblea) il Langhiano contiene grandi Foraminiferi: scomparse le Lepidocycline nell'Aquitaniano, non rimangono come forme significative che le Miogypsine *(M.irregularis* e *M. intermedis). Amphistegine*, *Heterostegine*, *Operculine ecc.*, che si incontrano nelle associazioni a microforaminiferi, non rivestono infatti importanza stratigrafica.

Nel Langhiano sono segnalate pure faune a denti di Squali di importanza stratigrafica notevole nel Bellunese, nel Tavoliere delle Puglie e nel Ragusano.

L'«Elveziano» presenta spesso microfaune meno ricche di Fo

raminiferi planctonici rispetto al Langhiano. Continuano dal Langhiano *Globorotalia mayeri* e *G.fohsi*, diminuiscono le Globoquadrine, comincia ad affermarsi *Orbulina universa*. Il benthos è assai più numeroso e riccodi specie di quello langhiano; le forme citate nell'«Elveziano» superano di molto il centinaio. Sono forme significative, fra le altre, *Uvigerina barbatula*, *Bolivina arta*, *B.antiqua*, *Cassidulina laevigata (=C.cruysi)*, *Ceratobulimina contraria*, *Pseudoclavulina rudis*, *Stilostomella verneuili*, *S.pauperata*, *Robulus helena* ecc.

Associazioni di questo tipo si trovano nel Bacino Terziario Piemontese, nell'Appennino settentrionale, in diverse regioni dell'Italia centro-meridionale e della Sicilia.

Altrove l'Elveziano è caratterizzato da depositi di tipo epicontinentale rappresentati da calcari o calcareniti a Briozoi, che contengono Amphistegine e Melobesie. **Ogniben** (1958) ha descritto associazioni a *Archaelithothamnium*, *Lithothamnium*, *Lithophyllum* e *Mesophyllum* nell'Elveziano di Caserta. Le Miogypsine, secondo le ricerche di **Drooger** (1954) e **Selli** (1957) cesserebbero prima del Miocene medio, senza raggiungere l'«Elveziano».

In Sicilia è stata descritta una associazione ad Acari e a Peronosporacee contenute nel disodile di Melilli, fra Siracusa e Catania e riferita all'Elveziano.

Le microfaune del Tortoniano, ricche di centinaia di specie, sono simili in complesso a quelle dell'Elveziano, essendovi una transizione fra le due: il plancton si differenzia per la scomparsa delle Globoquadrine e per la presenza di Globorotalie e Globigerine differenti fra cui *Globigerina nepenthes*. Fra le forme più significative del benthos tortoniano ricordo *Robulus ariminensis*, *R.gravidus*, *Vaginulinopsis inversa* var. *carinata*, *Bolivinoides miocenicus*, *Spiroplectammina carinata*, *Ehrenbergina dinapollii* ecc.

Le associazioni a piccoli Foraminiferi sono spesso accompagnate da Ostracodi, Briozoi, radioli di Echini, spicole di Spugne, otoliti ecc.

Microfaune di questo tipo sono assai comuni in tutte le regioni italiane dove il Tortoniano è completamente, o in parte, argilloso.

Ricordo una recente monografia di **Ruggieri** (1962) nella quale sono descritte oltre 50 specie di Ostracodi del Tortoniano di Enna, in Sicilia. Quattordici delle specie descritte, e due generi *(Chrysocythere* e *Verrucocythereis)* sono nuovi.

Nelle facies calcaree grossolane e calcarenitiche sono comuni associazioni a Lithothamni come in Abruzzo, nella Sicilia sud-orientale ecc.

Sul versante padano e adriatico dell' Appennino, nel sottosuolo della Pianura Padana e in Sicilia il Tortoniano è seguito superiormente da una serie evaporitica, nota col nome di serie gessoso-solfifera. Questa serie, riferita al Miocene superiore (Messiniano), contiene microfaune e microflore assai interessanti per le condizioni ambientali del tutto particolari nelle quali furono deposte.

Il termine di Messiniano, che era sempre meno usato dagli stratigrafi e dai micropaleontologi perchè mal definito e interpretato in modo diverso dai vari autori, è ritornato nell' uso dopo la recente definizione di un neostratotipo da parte del prof. **Selli** (1960). La serie-tipo si trova a Pasquasia, presso Enna, al centro della zona solfifera siciliana, e si differenzia da quella di Messina per essere più completa, meno disturbata e priva di quelle intercalazioni con fauna continentale che rendevano problematica l'adozione del Messiniano come piano marino.

Le associazioni a Foraminiferi sono spesso assai specializzate, con plancton nano e benthos oligotipico a Buliminidae *(Bolivina di*

latata, Bulimina echinata, Uvigerina tenuistriata var. *siphogenerinoides* e var. *gaudryinoides).*

Spesso si notano associazioni a Radiolari, a Ostracodi, a Diatomee, a otoliti, vertebre, squame e denti di pesci, esclusive o insieme ai Foraminiferi. La formazione nota in Sicilia col nome di «Tripoli» fa parte appunto della serie evaporitica del Miocene superiore, ed è rappresentata a volte da vere diatomiti, ricchissime di Diatomee e contenenti Silicoflagellate ed altri microorganismi a guscio siliceo.

A Siracusa il Miocene superiore è rappresentato da calcari oolitici a Miliolidi, salmastri o d'acqua dolce, sovrapposti ai calcari algali del Tortoniano.

Fra gli studi più recenti sul Messiniano, ricordo quello di **Grekoff** e **Molinari** (1963) che illustra una fauna ad Ostracodi di ambiente salmastro raccolta presso Castell'arquato fra la sommità del Miocene e la base del Pliocene: essa si compone di tredici specie appartenenti a otto generi, molte in nomenclatura aperta. E quello ancora più recente della **Pezzani** (1963) su una ricca fauna a Foraminiferi, in gran parte planctonici, provenienti dalla base della serie messiniana di Tabiano (prov. Parma), a un metro di distanza da una lente di gesso. Vengono descritte circa 100 specie, delle quali meritano di essere ricordate quelle di nuova istituzione: *Catapsydrax apenninicus, Globorotalia apertura, G. involuta, Spiroloculina tabianensis, Triloculina virgula, Lagena villicostata, Nonion parmense, Cymbalopora vitrea,* e inoltre *Globigerina pachyderma,* segnalata per la prima volta in terreni pre-Pleistocenici.

Pliocene

Le microfaune plioceniche italiane sono note da lungo tempo nei loro caratteri essenziali, e famose; presentano caratteri di transi-

zione verso le faune del Miocene superiore da un lato, verso quelle pleistoceniche dall'altro. La maggior parte delle specie che si incontrano nei sedimenti pliocenici sono tuttora viventi, per cui la loro comparsa o la loro particolare abbondanza assumono importanza stratigrafica.

Il Pliocene è stato distinto dagli autori del secolo scorso (**Mayer, Douvillé**) in Piacenziano ed Astiano. Il primo corrisponde alla parte inferiore, ed ha il suo stratotipo a Castell'arcuato presso Piacenza, il secondo corrisponde al Pliocene superiore ed è tipico nei dintorni di Asti. **Mayer** distinse anche un piano di Tabiano, in posizione inferiore rispetto al Piacenziano. Secondo alcuni autori però Piacenziano e Tabiano sarebbero sinonimi. Questi nomi di piani sono ora forse meno utilizzati che per il passato, e si usano comunque con molte riserve dopo i lavori stratigrafici di **Gignoux** e di altri, che dimostrarono come essi si riferissero a delle formazioni definite per i loro caratteri litologici ed anche paleontologici, ma determinati dalle condizioni ambientali più che dall'età.

Dal punto di vista micropaleontologico il Pliocene si presta ad essere diviso in inferiore, medio e superiore. A volte però questa distinzione non è possibile per la mancanza di caratteri distintivi nella parte alta della serie: in questo caso si parla di Pliocene inferiore e di Pliocene medio-superiore.

Le microfaune a piccoli Foraminiferi del Pliocene inferiore sono abbondanti e ricche di specie e di individui: il plancton è molto simile a quello del Miocene superiore, salvo lievi differenze (presenza di *Sphaeroidinella seminulina, Globorotalia hirsuta, G. puncticulata*, ecc.). Nel benthos si nota la presenza di specie la cui comparsa o la cui abbondanza sono significative agli effetti stratigrafici, quali *Vaginulina bononiensis, Uvigerina rutila, Siphonina planoconvexa, Plectofrondicularia gemina, Cibicides italicus, Marginulina costata* var. co

arctata, Angulogerina fornasinii ecc.

Il Pliocene affiora in lembi estremamente ristretti lungo il margine prealpino, mentre è assai diffuso nel Bacino Terziario Piemontese e lungo il margine appenninico; nel sottosuolo della Pianura Padana il suo sviluppo in spessore è molto grande.

In Sicilia sono riferiti al Pliocene inferiore i «Trubi», marne bianche a Foraminiferi. Le microfaune dei «Trubi» sono altamente pelagiche, pur contenendo un benthos assai ricco di specie e caratteristico.

I Foraminiferi planctonici del Pliocene inferiore di una località prossima a Palermo sono stati oggetto di un recente studio di **Mistretta** (1962), nel quale viene definito un neotipo di *Globigerinoides gomitulus* (Seguenza), che risulta sinonimo di *Globigerinoides elongata* (d'Orbigny), e descritta la nuova specie *Globorotalia pliocenica.*

In Sardegna i Foraminiferi pliocenici del Golfo di Orosei sono stati studiati dalla **Zinoni** (1958) e più recentemente dalla **Ferro** (1963).

Secondo i micropaleontologi dell'AGIP Mineraria, che hanno avuto modo di studiare meglio di chiunque altro le associazioni del sottosuolo della Pianura Padana, il Pliocene medio è caratterizzato dalle specie planctoniche *Globigerina inflata, Orbulina universa, Globorotalia crassula* e *G.hirsuta* e dalle specie bentoniche *Uvigerina peregrina, U.pygmea, Bulimina aculeata* var. *biasispinosa, Marginulina costata, Anomalina helicina, Robulus echinatus* ecc.

Nel Pliocene medio-inferiore di Castell'arquato (Piacenza) è stata recentemente descritta da **Barbieri** e **Mosna** (1963) una nuova specie di *Bolivina*, denominata *B.apenninica*, che pare sia assai diffusa nel Piacenziano.

Il Pliocene superiore ha un plancton complessivamente scarso nel quale compare per la prima volta *Globorotalia truncatulinoides*. Nel benthos ricordiamo *Cibicides robertsonianus, Eponides frigidus* var.

granulatus, Virgulina tenuis, Uvigerina proboscidea, Anomalina ornata ecc.

Nella zona classica dell'Astiano, presso Asti, secondo **Martinis** è possibile distinguere un livello inferiore con *Nonion granosum, Elphidium advenum, Lagenonodosaria proxima, Hopkinsina bononiensis* riferibile al Pliocene medio, ed un livello superiore con *Eponides frigidus* var. *granulatus, Nonion citai* e *Ammonia perlucida,* riferibile al Pliocene superiore. Altrove questa distinzione non è possibile, e si parla allora di Pliocene medio-superiore.

Le associazioni a Foraminiferi del Pliocene sono spesso accompagnate da Ostracodi, resti di Molluschi, di Echini, di Briozoi ecc. che vengono di solito trascurati per la preminente importanza dei Foraminiferi.

Marne a Pteropodi sono segnalate nel Pliocene di Roma, in posizione sottostante al Calabriano.

Livelli ad Amphistegine nel Pliocene assumono importanza stratigrafica locale.

QUATERNARIO

L'Italia è uno dei paesi nei quali il Quaternario marino è meglio rappresentato: italiane sono le serie sulle quali sono stati istituiti i vari piani (Calabriano, Emiliano, Siciliano, Milazziano, Tirreniano) in cui viene suddiviso il primo periodo del Quaternario, il Pleistocene (vedi **Selli** 1962).

Anche se la definizione di questi piani è stata fatta prescindendo dalle microfaune, pure queste sono sempre presenti nei sedimenti del Quaternario marino. I Foraminiferi sono importanti per il loro significato ecologico, e quindi anche climatico, che permette di definire il carattere di «fauna calda» o «fauna fredda». Non ha senso in-

fatti - nel Quaternario - parlare di specie-guida o di fossili caratteristici, dal momento che tutte o quasi le specie pleistoceniche sono tuttora viventi. Nello studio delle microfaune quaternarie - specie quando le serie siano sviluppate in spessore - si ricorre d'abitudine all'impiego dei metodi statistici.

La stessa importanza che hanno le associazioni a Foraminiferi nei sedimenti marini, l'hanno gli Ostracodi nei depositi d'acqua dolce o salmastri, ed i pollini in quelli francamente continentali (ligniti, argille lacustri).

Fra gli autori che si sono occupati di microfaune e microflore quaternarie ricordo particolarmente **Accordi, Bonadonna, Cita, Chierici, Corti, Decima, di Napoli, d'Onofrio, Emiliani, Farioli, Lona, Longinelli, Marchetti, Medioli, Moncharmont, Papani, Pelosio, Ruggieri, Selli, Tedeschi, Tongiorgi, Torrente, Zanmatti, Zanon** ecc.

Pleistocene

Secondo le opinioni più accreditate, può essere suddiviso in Calabriano (riferito da **Gignoux** e seguaci al Pliocene), Siciliano e Tirreniano, che sono considerati come dei veri e propri piani, sia pure in un senso molto diverso dai piani - ad esempio - del Cretaceo, data la loro durata enormemente più breve. I primi due (celebre per il secondo il giacimento fossilifero di Ficarazzi, presso Palermo) sono freddi, e sarebbero correlabili con la prima e la seconda glaciazione rispettivamente. Il terzo invece è caldo. Alcuni autori distinguono anche un Emiliano compreso fra il Calabriano ed il Siciliano, caratterizzato da una fauna oligotipica, senza ospiti nordici, simile a quella del nord-Adriatico (**Selli** e **Ruggieri** 1948). Quanto al Milazziano, si tratta di un termine assai discusso e poco usato in complesso.

Le microfaune del *Calabriano* si riconoscono facilmente da

quelle del sottostante Pliocene per la comparsa di specie che prima non vivevano nel Mediterraneo, migrate nel Pleistocene dall'Atlantico. Fra queste «forme fredde» ricordo *Hyalinea balthica* e *Globigerina pachyderma.* Altre forme considerate indicative del Calabriano sono Bulimine del gruppo *marginata, Bolivinita quadrilatera,* abbondanti *Cassidulina laevigata* var. *carinata, Bolivina catanensis* ecc.

Una serie marina continua, nella quale il limite Plio-Pleistocene poteva essere rilevato con precisione per la comparsa di *Hyalinea balthica* ed altri «ospiti nordici» è stato recentemente studiato da **Emiliani, Mayeda** e **Selli** (1961) a Le Castelle in Calabria presso Crotone. In essa è stata osservata la composizione isotopica dell'ossigeno nei gusci di alcune specie di Foraminiferi planctonici e bentonici e da questo si è risaliti alla temperatura delle acque superficiali e profonde. Si sono notate fluttuazioni periodiche, interpretate come stagionali, mentre si è osservato un generale deterioramento climatico dal Pliocene al Pleistocene. Questo deterioramento sarebbe avvenuto gradualmente e sarebbe stato massimo in corrispondenza del Pleistocene superiore.

Il *Siciliano* non è riconoscibile dal Calabriano in base al contenuto in Foraminiferi; anche nel Siciliano si riconoscono i caratteri di «fauna fredda», forse ancora più accentuati che nel Calabriano. Una distinzione fra i due piani è eventualmente possibile con l'impiego dei metodi statistici. Le faune a Foraminiferi del Calabriano e del Siciliano sono spesso oligotipiche, in relazione appunto alla bassa temperatura delle acque superficiali; il plancton spesso è nano, mentre il benthos presenta una marcata prevalenza di Buliminidae (gen. *Bolivina, Bulimina, Uvigerina*), indicative di acque fredde.

Sedimenti calabriani si trovano nel sottosuolo della Pianura Padana, sopra al Pliocene, e, sporadicamente, lungo il margine appenninico. Altrove gli affioramenti più importanti si trovano nella bassa Val

darno (Vallebiaia), in Puglia e in Calabria, in Sicilia presso Messina.

Fra gli studi più recenti sul Pleistocene marino italiano, ricordo quello di **Medioli** (1963) sui Foraminiferi ed Ostracodi del Calabriano dell'alta Val Rovecchia, presso Tabiano (Parma); quello di **Papani** e **Pelosio** (1963), che illustra il Calabriano della Valle dello Stirone (Parma) e quello di **Decima** (1963) sugli Ostracodi ed i Foraminiferi della «formazione di Montallegro» (Sicilia nord-occidentale). In questa formazione si assiste all'evoluzione da un ambiente marino littorale, con microfauna a Foraminiferi di probabile età siciliana, ad un ambiente continentale, attraverso una fase lagunare e lacustre con microfaune ad Ostracodi.

In molte serie pleistoceniche, e particolarmente in quelle che si trovano nel sottosuolo della Pianura Padana, non è possibile una distinzione dei piani soprastanti al Calabriano: questo presenta dei caratteri ben definiti, mentre le microfaune dei livelli soprastanti sono caratterizzate dalla presenza di Miliolidi, *Ammonia beccarii, A.perlucida, Nonion citai, Elphidium macellum, E.decipiens, Valvulineria bradyana* ecc. che indicano una sedimentazione di tipo regressivo.

Il Siciliano è esteso specialmente in Sicilia, dove si presenta con una facies calcarea organogena (tufo) e una facies argillosa. La più interessante micropaleontologicamente è la seconda, assai estesa nell'isola. Altrove il Siciliano è stato segnalato sulla costa tirrenica nel Lazio e presso Livorno, e nel sottosuolo della Pianura Padana (Polesine).

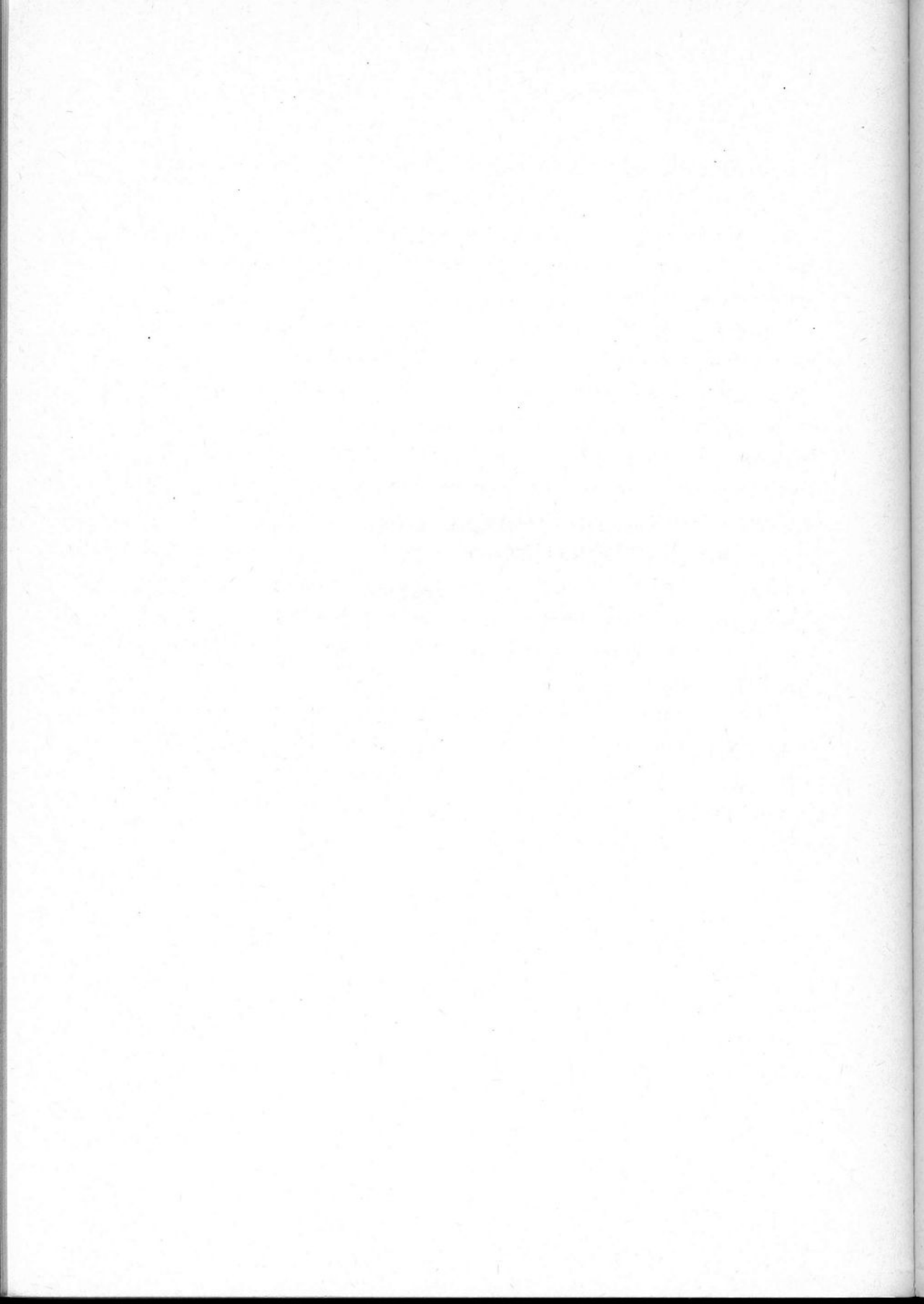
Le associazioni a Foraminiferi del Tirreniano hanno carattere di «fauna calda» con abbondanti Miliolidi, *Discorbis*, Rotalie ecc. I Foraminiferi del Tirreniano non sono però tanto significativi da permettere di datare direttamente questo livello, presente in scarsi lembi lungo il littorale tirrenico e adriatico, e anche sulle coste siciliane.

Ho detto più indietro che nei sedimenti salmastri o continentali assumono grande importanza gli Ostracodi e i pollini.

La conoscenza degli Ostracodi italiani è fondata sulle opere di **Ruggieri**, che ha illustrato specialmente le associazioni emiliane e quelle della Calabria.

Il Pleistocene, con microfaune a Foraminiferi indicative di una temperatura superficiale dell'acqua più bassa di quella attuale, è stato trovato da **d'Onofrio** (1959) e da **Cita** e **Chierici** (1963) nel sottosuolo del Mare Adriatico. A una profondità variabile da 5 a 8 metri sotto il fondo del mare, si è osservato un forte aumento delle specie planctoniche considerate come « indicatori freddi » e una corrispondente diminuzione degli « indicatori caldi ».

Lo studio dei pollini, iniziato da pochissimi anni dapprincipio in Toscana, poi anche in altre regioni italiane, ha portato a risultati del massimo interesse. Esso si avvale in larga misura dei metodi statistici e permette di riscontrare le variazioni paleoclimatiche verificatesi nel Quaternario antico.

Sempre in sedimenti d'acqua dolce si incontrano spesso nel Quaternario associazioni a Diatomee, segnalate in varie località. Lo studio più recente di questo tipo è di **Bonadonna** (1963) e illustra le Diatomee (9 specie) contenuto nelle diatomiti varvate di Primaporta presso Roma, riferibili al Rissiano.

BIBLIOGRAFIA

BERMUDEZ P.J., DE RIVERO F.C. - *Estudio sistematico de los Foraminiferos quitinosos, microgranulares y arenaceos.* Ed. de la Biblioteca Univ. Central de Venezuela, Caracas 1963.

CITA M.B. - *Guida allo studio della Micropaleontologia.* La Goliardica, II ediz. Milano 1960.

COLOM G. - *Microforaminiferos fosiles.* Cons.sup. Invest. Cient. Madrid 1946.

CONTI S. - *Alghe Corallinacee fossili.* Pubbl. Ist. Geol. Univ. Genova 1950.

CUSHMAN J.A. - *Foraminifera, their classification and economic use.* Harvard Univ. Press, Cambridge 1955.

DE RIVERO F.C., BERMUDEZ P.J. - *Micropaleontologia general.* Universidad Central de Venezuela, Caracas 1963.

FREUND H. - *Handbuch der Mikroscopie in der Technik*, 8 Bd. *Mikroscopie in der Geologie sedimentärer Lagerstätten (Mikropaleontologie).* Umschau Ver., Francoforte 1958.

GLAESSNER M.F. - *Principles of Micropaleontology.* Melbourne Univ. Press, Melbourne 1945.

GOTHAN W., WEYLAND H. - *Lehrbuch der Palaeobotanik.* Akad. Verlag, Berlin 1954.

GREKOFF N. - *Aperçu sur les Ostracodes Fossiles.* École Nat. Sup. Pétrole, Parigi 1960.

JOHNSON J.H. - *Limestone-building Algae and algal limestones.* Colorado School of Mines, Boulder and Denver 1961.

JONES D.J. - *Introduction to Microfossils.* Harper and Broth., New York 1956.

LOEBLICH A.R., TAPPAN H. - *Suprageneric classification of the Rhizopodea.* Journ.Pal., vol.35, n.2, Menasha 1961.

MALARODA R. - *Introduzione al corso di Paleontologia - Protozoi.* Ed. Photograph, Padova 1959.

MASLOV V.I. - *Le Alghe calcaree fossili dell'URSS.* Acad. Nauk SSSR, Mosca 1956.

MATTHES H.W. - *Einführung in die Mikropaläontologie.* Hirzel Verlag, Leipzig 1946.

MOORE R.C. - *Treatise of Invertebrate Paleontology.* Part. D. Protista. Univ.Kansas Press, Lawrence 1954.

MORET L. - *Manuel de Paléontologie animale.* Masson Ed.,Paris 1958.

MORET L. - *Manuel de Paléontologie végétale.* Masson ed., Paris 1949.

PHLEGER F.B. - *Ecology and Distribution of Recent Foraminifera.* The John Hopkins Press, Baltimora 1960.

PIA J. - *Die Siphoneae verticillatae vom Karbon bis zur Kreide.* Abh. Zool.Bot.Ges., vol.II, Vienna 1920.

PIVETEAU J. - *Traité de Paléontologie.* Masson ed., Paris 1952.

POKORNY V . - *Principles of Zoological Micropaleontology.* Pergamon Press, Londra 1963 (ediz. tedesca 1958).

RAUSER-CHERNOUSOVA D.M., FURSENKO A.V. - *Foundamentals of Paleontology. General Part, Protozoa. Translated from Russian.* Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem 1962 (ediz. Russa Mosca 1959).

REISS Z. - *Reclassification of perforate Foraminifera.* Min. Develop. Geol.Surv.Israel, Bull.n.35, Gerusalemme 1963.

VAN MORKHOVEN F.C.P.C.M. - *Post -Paleozoic Ostracoda,* vol.I-II, Elsevier Pub.Comp., Amsterdam 1962.

WALTON J. - *An Introduction to the Study of fossil Plants.* Adam and Charles Ed., London 1953.